



**SKIRPSI - ME 141501**

**PENGARUH PERBANDINGAN RASIO INLET  
DAN OULET PADA TABUNG RESERVOIR  
*OSCILLATING WATER COLUMN (OWC)*  
MENGUNAKAN FLUIDA CAIR**

**MOCHAMMAD ABDUL AZIZ  
NRP. 4211100101**

**Dosen Pembimbing:  
Ir. Tony Bambang Musriyadi PGD  
Irfan Syarif Arief ST.MT**

**JURUSAN TEKNIK SISTEM PERKAPALAN  
FAKULTAS TEKNOLOGI KELAUTAN  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
SURABAYA 2015**



---

**FINAL PROJECT - ME 141501**

***EFFECT OF INLET AND OUTLET RATIO  
COMPARISON ON DESIGN OSCILLATING  
WATER COLUMN (OWC) USE LIQUID FLUID***

**MOCHAMMAD ABDUL AZIZ  
NRP. 4211100101**

**Counselor Lecture:**

**Ir. Tony Bambang Musriyadi PGD  
Irfan Syarif Arief ST.MT**

**DEPARTMENT OF MARINE ENGINEERING  
Faculty of Marine Technology  
Institut of Technology Sepuluh November  
Surabaya 2015**

**LEMBAR PENGESAHAN**  
**PENGARUH PERBANDINGAN RASIO INLET DAN**  
**OULET PADA TABUNG RESERVOIROSCILLATING**  
**WATER COLUMN (OWC) MENGGUNAKAN**  
**FLUIDA CAIR**

**SKRIPSI**

*Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat  
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik Pada  
Bidang Studi Marine Manufacture and Design (MMD)  
Program S-1 Jurusan Teknik Sistem Perkapalan  
Fakultas Teknologi Kelautan  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember*

*Oleh :*

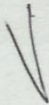
**MOCHAMMAD ABDUL AZIZ**

**NRP 42 11 100 101**

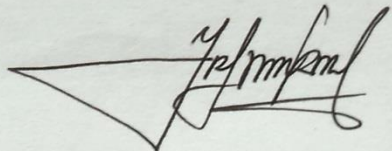
*Disetujui oleh Dosen Pembimbing Tugas Akhir :*

*Pembimbing 1*

*Pembimbing 2*



**Ir. Tony Bambang Musriyadi, PGD**  
*(1959 0410 1987 01 1001)*



**Irfan Syarif Arief, ST, MT**  
*(1969 1225 1997 02 1001)*

**SURABAYA**  
*Juli, 2015*

## LEMBAR PENGESAHAN

# PENGARUH PERBANDINGAN RASIO INLET DAN OULET PADA TABUNG RESERVOIR *OSCILLATING* *WATER COLUMN* (OWC) MENGGUNAKAN FLUIDA CAIR

## SKRIPSI

*Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat  
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik Pada  
Bidang Studi Marine Manufacturing and Design (MMD)  
Program Studi S-1 Jurusan Teknik Sistem Perkapalan  
Fakultas Teknik Kelautan  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember*

Oleh:

**MOCHAMMAD ABDUL AZIZ**

**NRP 42 11 100 101**

Distujui Oleh

Ketua Jurusan Teknik Sistem Perkapalan FTK ITS:



Dr. Ir. A. A. Masroeri, M.Eng.

NIP. 1958 0807 1984 03 1004

SURABAYA

JULI, 2015

**PENGARUH PERBANDINGAN RASIO INLET  
DAN OULET PADA TABUNG RESERVOIR  
*OSCILLATING WATER COLUMN* (OWC)  
MENGUNAKAN FLUIDA CAIR**

**Nama Mahasiswa : Mochammad Abdul Aziz**  
**NRP : 4211 100 101**  
**Jurusan : Teknik Sistem Perkapalan**  
**Dosen Pembimbing : 1. Ir. Tony Bambang M. PGD**  
**2. Irfan Syarif Arief, ST, MT.**

**Abstrak**

Untuk menjaga ketersediaan energi listrik maka diperlukan suatu alternatif pembangkit listrik yang menggunakan energi yang ramah lingkungan dan bisa diperbarui. Salah satu tenaga alternative adalah tenaga air. Salah satunya menggunakan sistem *Oscillating Water Column* (OWC). Komponen utama yang menggerakkan generator karena terkena energi potensial air laut yang tersimpan di reservoir dan mendapatkan supply atau asupan akibat energi kinetik gelombang yang kemudian diarahkan untuk mengisi reservoir pada *Oscillating Water Column* (OWC). Metode pengerjaan yang digunakan adalah eksperimen dengan menggunakan video perlambatan 250 fps dengan tujuan membantu penulis dalam analisa. Berdasarkan hasil perhitungan data menunjukkan ketika rasio antara diameter pipa inlet dan outlet serta ditunjukkan dalam grafik bahwa semakin besar rasio maka akan semakin tinggi juga kecepatan yang di hasilkan. Daya yang di dapat juga membuktikan bahwa semakin besar kecepatan yang di dapat maka semakin besar juga daya yang di hasilkan.

**Kata Kunci: *Oscillating Water Collumn* (OWC), Rasio inlet dan outlet Fluida,,Reservoir, Tabung.**

*Halaman ini sengaja di kosongkan*

***EFFECT OF INLET AND OUTLET RATIO  
COMPARISON ON DESIGN OSCILLATING  
WATER COLUMN (OWC) USE LIQUID FLUID***

**Name of Student : Mochammad Abdul Aziz**  
**NRP : 4211 100 101**  
**Major : Teknik Sistem Perkapalan**  
**Counselor Lecture : 1. Ir. Tony Bambang M. PGD**  
**2. Irfan Syarif Arief, ST.,MT**

***Abstract***

*To maintain the availability of electrical energy it would require an alternative power plants that use environmentally friendly energy and can be updated. One of the alternative energy is hydropower. One is using the system Oscillating Wave Column (OWC). The main component that drives a generator because seawater exposed to potential energy stored in the reservoir and get supply or intake as a result of wave kinetic energy which is then directed to fill the reservoir to the Oscillating Wave Column (OWC). The method that used in this final project is experimental methode with 250 fps video this video has a purpose to help the writter for analysis. According to analysis result that shown in the graph the bigger ratio will produces the higher velocity .In power calculation, it proves that the bigger velocity will produces the higher power.*

***Keywords: Oscillating Water collumn (OWC), Ratio inlet and outlet, , Reservoir, Tube.***

*Halaman ini sengaja di kosongkan*



## KATA PENGANTAR

*Alhamdulillahirobbil 'alamin*, Puji syukur kehadiran Allah SWT atas rahmat (Nabi Muhammad SAW) dan hidayah-Nya (Al-Qur'anul karim), penulis dapat menyelesaikan Skripsi yang berjudul **“Pengaruh Perbandingan *Inlet* dan *Outlet* pada Tabung Reservoir *Oscillating Water Column* (OWC) Menggunakan Fluida Cair”**

Skripsi ini disusun sebagai salah satu syarat untuk mendapat gelar Sarjana Teknik di Jurusan Teknik Sistem Perkapalan Fakultas Teknologi Kelautan Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya.

Pada kesempatan kali ini, penulis mengucapkan banyak terima kasih kepada semua pihak yang telah memberikan bantuan, dukungan, motivasi dan Do'a selama masa studi di kampus perjuangan sampai dengan pengerjaan skripsi hingga selesai. Secara khusus penulis menyampaikan terima kasih kepada :

1. Ibunda Hj.Umaiyyah dan Aba H.M.Shochib sebagai orang tua yang selalu memberikan dukungan, bimbingan dan do'a beliau yang memberikan kekuatan tersendiri buat kami.
2. Adinda Nurul Fauziyah dan Nur Isnaini Hidayah sebagai saudari yang selalu memberikan motivasinya.
3. Kepada Bapak Ir. Alam Baheramsyah M.Sc selaku dosen wali sekaligus pembimbing selama masa studi berlangsung.
4. Kepada Bapak Irfan Syarif ST.MT dan Ir. Tony Bambang M. PGD selaku dosen pembimbing yang memberikan dukungan dan ilmunya sehingga penulis dapat menyelesaikan Skripsi ini.

5. Kepada Dr. Ir. A.A. Masroeri, M.Eng selaku Ketua Jurusan Teknik Sistem Perkapalan FTK-ITS
6. Kepada seluruh Dosen Jurusan Teknik Sistem Perkapalan yang memberikan Ilmu yang tak ternilai dan semoga menjadi ilmu yang bermanfaat.
7. Kepada Ananda Azizah Mei Widyastuti, Ibuk Elif dan Bapak Suyono yang telah memberikan motivasi dorongan dan Do'anya.
8. Kepada teman teman lab MMD Elbas, Gaza, Achwan, Fivid, Pepi, Gusti, Kiki, Intun, Ojan, Angga, Denanta, Basong, Agus, Mas Dani, Mas Satrio, Mas Pandika yang senantiasa menemani selama pengerjaan Skripsi hingga selesai.
9. Kepada teman teman dari BEM Mas Nurhadi Dinny, Nani, Dewi, Fresky, Ridho, Ryan yang telah banyak membantu dalam kepengurusan dan juga selama perkuliahan berjalan.
10. Kepada Teman – Teman AMPIBI'11 yang menemani dan memberikan bantuannya mulai dari kami menginjakkan kaki di Jurusan tercinta ini.
11. Dan semua pihak yang tidak dapat kami sebutkan satu persatu.

Penulis menyadari bahwa Tugas Akhir ini masih jauh dari kesempurnaan. Penulis mengharapkan kritik serta saran yang membangun demi kesempurnaan Tugas Akhir ini. Akhir kata, semoga Tugas Akhir ini dapat bermanfaat

Surabaya, Juli 2015

Penulis

## DAFTAR ISI

Halaman Judul .....	i
Lembar Pengesahan .....	iii
Abstrak .....	vii
Abstract .....	ix
Kata Pengantar .....	xi
Daftar Isi .....	xiii
Daftar Gambar .....	xvi
Daftar Tabel .....	xviii
<b>BAB I PENDAHULUAN .....</b>	<b>1</b>
1.1. Latar Belakang .....	1
1.2. Rumusan Masalah .....	2
1.3. Batasan Masalah.....	3
1.4. Tujuan Penulisan .....	3
1.5. Manfaat Penulisan .....	4
<b>BAB II DASAR TEORI .....</b>	<b>5</b>
2.1. Energi .....	5
2.1.1. Konvensi Energi .....	5
2.1.2. Macam – macam Energi.....	6
a. Energi Mekanik .....	6
b. Energi Listrik.....	6
c. Energi Kimia.....	7
d. Energi Nuklir .....	7
e. Energi Termal (Panas) .....	7
2.2. Gelombang .....	8
2.3. Faktor – faktor pembentuk gelombang. ....	8
2.3.1. Gelombang yang disebabkan oleh angin .....	8
2.3.2. Gelombang yang disebabkan oleh pasang surut. ....	9
2.3.3. Gelombang yang disebabkan oleh badai .....	10

2.3.4. Gelombang yang disebabkan oleh tsunami ...	10
2.3.5. Gelombang yang disebabkan oleh seiche.....	11
2.4. Teknik Konversi Energi .....	11
2.4.1. Energi gelombang.....	12
2.4.2. Pasang surut air laut .....	13
2.4.3. Memenfaatkan perbedaan temperatur air laut.....	13
2.5. Kelebihan dan Kekurangan Teknik Konversi Energi Gelombang Menjadi Listrik .....	14
2.5.1. Kelebihan .....	14
2.5.2. Kekurangan .....	14
2.6. Perkembangan Teknologi dalam Bidang Energi Laut .....	15
1. Renewable Energy Holdings .....	15
2. SRI International .....	16
3. Bio Power System .....	16
4. Ocean Power Delivery.....	17
2.7. Potensi dan Hambatan Pengembangan dan Aplikasi Teknologi Gelombang di Indonesia .....	17
2.8. Macam – macam prinsip kerja Oscillating Water Column(OWC).....	19
2.8.1. Model 1 .....	19
2.8.2. Model 2 .....	20
<b>BAB III METODOLOGI.....</b>	<b>27</b>
3.1. Identifikasi dan Perumusan Masalah.....	27
3.2. Studi Literatur .....	27
3.3. Penentuan Komponen .....	27
3.4. Percobaan dan pengambilan data .....	28
3.5. Analisa data.....	30
3.6. Kesimpulan dan Saran.....	31
3.7. Flow Chart Pengerjaan Skripsi.....	32

BAB IV ANALISA DAN PEMBAHASAN .....	35
4.1. Data Prototype.....	35
4.1.1.....	36
4.2. Proses Eksperimen .....	38
4.3. Data Input.....	41
4.4. Perhitungan Kecepatan Aliran Terhadap diameter <i>Oscillating Water Column</i> (OWC).....	44
4.4. Perhitung Daya yang di Hasilkan Aliran Fluida Pada <i>Oscillating Water Column</i> (OWC) .....	52
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....	57
5.1. Kesimpulan .....	57
5.2. Saran.....	58
DAFTAR PUSTAKA	
LAMPIRAN.	

## DAFTAR TABEL

Tabel 4.1 Hasil percobaan 1 untuk pipa input 40 mm output 16mm .....	41
Tabel 4.2 Hasil percobaan 2 untuk pipa input 40 mm output 20mm .....	42
Tabel 4.3 Hasil percobaan 3 untuk pipa input 40 mm output 24mm .....	42
Tabel 4.4 Hasil percobaan 4 untuk pipa input 50 mm output 20mm .....	42
Tabel 4.5 Hasil percobaan 5 untuk pipa input 50 mm output 25mm .....	43
Tabel 4.6 Hasil percobaan 6 untuk pipa input 50 mm output 30mm .....	43
Tabel 4.7 Hasil perhitungan kecepatan untuk Pipa input 40mm output 16 mm.....	45
Tabel 4.8 Hasil perhitungan kecepatan untuk Pipa input 40mm output 20 mm.....	46
Tabel 4.9 Hasil perhitungan kecepatan untuk Pipa input 40mm output 24 mm.....	46
Tabel 4.10 Hasil perhitungan kecepatan untuk Pipa input 50mm output 20 mm.....	47
Tabel 4.11 Hasil perhitungan kecepatan untuk Pipa input 50mm output 25 mm.....	47
Tabel 4.12 Hasil perhitungan kecepatan untuk Pipa input 50mm output 30 mm.....	48
Tabel 4.13 Hasil perhitungan Daya pada pipa diameter input 40 mm .....	52
Tabel 4.14 Hasil perhitungan Daya pada pipa diameter input 50 mm .....	53

*Halaman Sengaja Dikosongkan*

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Ocean Thermal Energy Conversion .....	14
Gambar 2.2 Konsep Perencanaan OWC .....	20
Gambar 2.3 Model OWC dengan Turbine .....	20
Gambar 2.4 Turbine wells pada OWC .....	22
Gambar 2.5 Drain Tank .....	23
Gambar 3.1 Pipa dengan panjang 50 cm diameter 4 cm .....	28
Gambar 3.2 Nozzle dengan variasi diameter 1,6 ; 2 ; 2,4 cm ....	28
Gambar 3.3 Pipa dengan panjang 50 cm diameter 5 cm .....	29
Gambar 3.4 Nozzle dengan variasi diameter 2 ; 2,5 ; 3 cm .....	29
Gambar 3.5 Tabung Reservoir .....	30
Gambar 4.1 Prototype <i>Oscillating Water Column</i> (OWC) .....	35
Gambar 4.2 Jarum suntik dan tinta untuk pewarnaan .....	36
Gambar 4.3 Handycam .....	37
Gambar 4.4 Pengisian air pada receiver .....	38
Gambar 4.5 Pengisian air pada tabung receiver .....	39
Gambar 4.6 Proses pemberian tinta .....	39
Gambar 4.7 Proses rekam fluida .....	40
Gambar 4.8 Sketsa <i>prototype Oscillating ater Column</i> .....	44
Gambar 4.9 Grafik perbandingan Rasio Inlet dan Outlet pipa diameter 0,4 m .....	49
Gambar 4.10 Grafik Perbandingan Rasio Inlet dan Outlet Pipa diameter 0,5 .....	50
Gambar 4.11. Grafik Daya Rasio 0,4 .....	54
Gambar 4.12. Grafik Daya Rasio 0,5 .....	54
Gambar 4.13. Grafik Daya Rasio 0,6 .....	55



*Halaman Sengaja Dikosongkan*

# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1. Latar Belakang

Kemajuan teknologi pengembangan ilmu pengetahuan tidak pernah lepas dari *inovasi* pada dasarnya mereka ingin mengembangkan dan mencari alternatif untuk memudahkan dan mensejahterakan peradaban. Pembahasan tentang teknologi, maka tidak akan lepas dengan yang namanya energi baik energi yang dapat diperbaharui maupun energi yang tidak dapat diperbaharui. Dewasa ini kebutuhan akan pemenuhan energi listrik dan bahan bakar dunia dipenuhi oleh sumber daya alam tak terbaharui seperti minyak bumi dan batu bara. Akan tetapi dengan laju pertumbuhan dan konsumsi yang secara eksploitasi tak terkendalikan cadangan energi yang tersimpan pada perut bumi akan menipis bahkan habis pada waktu tertentu. Oleh sebab itu dibutuhkan studi dan analisa perihal penggunaan energi alternatif yang dapat diperbaharui untuk menjawab *problematika* kehidupan saat ini. Selain dari pada itu juga dibutuhkan energi alternatif yang bersifat ramah lingkungan dan pastinya hemat biaya.

Negara Kepulauan Indonesia yang mempunyai ribuan pulau dan kesemua pulau terpisahkan dengan laut. Dengan kondisi seperti itu luas dari pada laut Indonesia yang mencapai 5,8 juta km<sup>2</sup> atau 70% dari wilayah keseluruhan negara Indonesia. Dengan kondisi seperti ini pemanfaatan potensi energi laut masih optimum, terutama potensi energi gelombang laut yang dapat menghasilkan energi listrik belum banyak yang terealisasi, dengan tujuan dapat memenuhi kebutuhan listrik nasional.

Berdasarkan survei yang dilakukan Badan Pengkajian dan Penerapan Teknologi (BPPT) dan pemerintah Norwegia sejak tahun 1987, terlihat banyak daerah-daerah pantai yang berpotensi sebagai pembangkit listrik tenaga ombak. Ombak

di sepanjang Pantai Selatan Pulau Jawa, di atas kepala Burung Irian Jaya dan sebelah barat pulau Sumatera sangat sesuai untuk menyuplai energi listrik. Kondisi ombak seperti itu tentu sangat menguntungkan, sebab tinggi ombak yang bisa dianggap potensial untuk membangkitkan energi listrik adalah sekitar 1,5 hingga 2 meter dan gelombang ini tidak pecah hingga sampai di pantai. Fakta inilah yang membuat pembangkit listrik tenaga ombak sangat cocok untuk di pakai di wilayah Indonesia.[1]

PLTGL merupakan salah satu pembangkit Energi terbarukan, kami melihat bahwa potensi gelombang laut di Indonesia sangat menjanjikan, dengan begitu jika pembangkit listrik tenaga gelombang laut di realisasikan secara tidak langsung pemerintah Indonesia telah menemukan jalan keluar dari tingginya tuntutan pasokan listrik yang diminta sekaligus mendukung program “*Clean Energy*”. [1]

Disini kami mengangkat tema *Oscillating Water Column* (OWC) sebagai alternatif pembangkit listrik dimana analisa yang dilakukan adalah kecepatan aliran fluida yang nantinya akan memutar blade turbin, blade yang berputar ini karena terkena energi potensial air laut yang tersimpan di reservoir yang mendapatkan supply atau asupan akibat energi kinetik gelombang yang kemudian diarahkan untuk mengisi reservoir pada *Oscillating Water Column* (OWC).

## 1.2. Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang masalah yang telah penulis uraikan sebelumnya maka rumusan permasalahan yang timbul adalah sebagai berikut:

1. Pengaruh kecepatan aliran fluida pada tabung terhadap besar diameter *input*.
2. Pengaruh kecepatan aliran fluida pada tabung terhadap besar diameter *output*.

3. Pengaruh perbedaan antara diameter *input* dan diameter *output* terhadap kecepatan turunnya fluida di reservoir.
4. Seberapa besar daya yang mampu di hasilkan dalam analisa aliran fluida pada prototipe *Oscillating Water Column* (OWC).

### 1.3. Batasan Masalah

Dalam pembuatan Tugas akhir ini akan dibatasi dalam beberapa batasan masalah untuk menfokuskan permasalahan agar hasil yang diinginkan dapat tercapai dan berikut batasan masalah pada tugas akhir ini:

1. Tidak mempertimbangkan faktor ekonomis
2. Tidak menghitung yang berkaitan dengan generator.
3. Tidak menghitung yang berkaitan dengan turbin
4. Variasi diameter 50 mm dengan diameter *output* 20 mm, 25 mm, 30 mm tabung *Oscillating Water Column* (OWC).
5. Variasi diameter 40 mm dengan diameter *output* 16 mm, 20 mm, 24 mm tabung *Oscillating Water Column* (OWC).

### 1.4. Tujuan Penulisan

1. Mengetahui kecepatan aliran fluida pada tabung terhadap perubahan diameter *output*.
2. Mengetahui pengaruh perbedaan antara diameter *input* dan diameter *output* terhadap kecepatan turunnya fluida.
3. Mengetahui pengaruh perbedaan kecepatan pada tabung yang berbeda dengan rasio diameter *inlet* dan *outlet* yang sama.
4. Mengetahui daya yang dapat di hasilkan pada analisa kecepatan fluida *Oscillating Water Column* (OWC).

### **1.5. Manfaat Penulisan**

Manfaat yang dapat di peroleh dari penulisan tugas akhir ini antara lain :

1. Sebagai referensi dan informasi tentang pemanfaatan energi ombak untuk pembangkit listrik
2. Sebagai referensi dan informasi salah satu cara untuk mengurangi pemakaian BBM
3. Dan lain-lain

## **BAB II**

### **DASAR TEORI**

#### **2.1. Energi**

Energi merupakan sesuatu pengertian yang tidak mudah didefinisikan dengan singkat dan tepat. Energi yang bersifat abstrak yang sukar dibuktikan, tetapi dapat dirasakan adanya. Energi atau yang sering disebut tenaga, adalah suatu pengertian yang sering sekali digunakan orang. Kita sering mendengar istilah krisis energi yang bermakna untuk menunjukkan krisis bahan bakar (terutama minyak). Bahan bakar adalah sesuatu yang menyimpan energi, jika dibakar akan diperoleh energi panas yang berguna untuk alat pemanas atau untuk menggerakkan mesin. Energi dalam kehidupan sehari-hari arti gerak, misal seorang anak banyak bergerak dan berlari-lari dikatakan penuh dengan energi. Energi juga dihubungkan dengan kerja. Seseorang yang mampu bekerja keras dikatakan mempunyai energi atau tenaga besar. Jadi boleh dikatakan energi adalah sesuatu kekuatan yang dapat menghasilkan gerak, tenaga, dan kerja. [2]

##### *2.1.1. Konversi Energi*

Energi dalam pengetahuan teknologi dan fisika dapat diartikan sebagai kemampuan melakukan kerja. Energi di dalam alam adalah suatu besaran yang kekal (hukum termodinamika pertama). Energi tidak dapat diciptakan dan tidak dapat dimusnahkan, tetapi dapat dikonversikan/berubah dari bentuk energi yang satu ke bentuk energi yang lain, misalnya pada kompor di dapur, energi yang tersimpan dalam minyak tanah diubah menjadi api. Selanjutnya jika api digunakan untuk memanaskan air dalam panci, energi berubah bentuk lagi menjadi gerak molekul-molekul air. Perubahan

bentuk energi ini disebut konversi. Sedangkan perpindahan energi disebabkan adanya perbedaan temperatur yang disebut kalor. Energi juga dapat dipindahkan dari suatu sistem ke sistem yang lain melalui gaya yang mengakibatkan pergeseran posisi benda. Transfer energi ini adalah kemampuan suatu sistem untuk menghasilkan suatu kerja yang pengaruh/berguna bagi kebutuhan manusia secara positif. Jadi energi adalah suatu kuantitas yang kekal, dapat berubah bentuk, dan dapat pindah dari satu sistem ke sistem yang lain, akan tetapi jumlah keseluruhannya adalah tetap.

#### 2.1.2. *Macam – macam Energi*

##### a. Energi Mekanik

Energi yang tersimpan dalam energi kinetik atau energi potensial dan dapat ditransisi atau transfer untuk menghasilkan usaha/kerja.

##### b. Energi Listrik

Energi yang berkaitan dengan akumulasi arus elektron dan bentuk transisi atau transfernya adalah aliran elektron melalui konduktor jenis tertentu. Energi listrik dapat disimpan sebagai energi medan elektrostatis dan merupakan energi yang berkaitan dengan medan listrik akibat terakumulasinya muatan elektron pada pelat-pelat kapasitor. Energi medan listrik ekuivalen dengan energi medan elektromagnetis yang sama dengan energi yang berkaitan dengan medan magnet yang timbul akibat aliran elektron melalui kumparan induksi.

c. Energi Kimia

Energi yang keluar sebagai hasil interaksi elektron di mana dua atau lebih atom/molekul berkombinasi sehingga menghasilkan senyawa kimia yang stabil. Energi kimia hanya dapat terjadi dalam bentuk energi tersimpan. Bila energi dilepas dalam suatu reaksi maka reaksinya disebut reaksi eksotermis yang dinyatakan dalam kJ, BTU, atau kkal. Bila dalam reaksi kimia energinya terserap maka disebut dengan reaksi endotermis. Sumber energi bahan bakar yang sangat penting bagi manusia adalah reaksi kimia eksotermis yang pada umumnya disebut reaksi pembakaran. Reaksi pembakaran melibatkan oksidasi dari bahan bakar fosil.

d. Energi Nuklir

Energi nuklir adalah energi dalam bentuk energi tersimpan yang dapat dilepas akibat interaksi partikel dengan atau di dalam inti atom. Energi ini dilepas sebagai hasil usaha partikel-partikel untuk memperoleh kondisi yang lebih stabil. Satuan yang digunakan adalah juta-an elektron reaksi. Reaksi nuklir dapat terjadi pada peluruhan radioaktif, fisi, dan fusi.

e. Energi Termal (panas)

Merupakan bentuk energi dasar di mana dalam kata lain adalah semua energi yang dapat dikonversikan secara penuh menjadi energi panas. Sebaliknya, pengonversian dari energi termal ke energi lain dibatasi oleh hukum Termodinamika II. Bentuk energi transisi dan



energi termal adalah energi panas (kalor), dapat pula dalam bentuk energi tersimpan sebagai kalor laten atau kalor sensibel yang berupa entalpi.

## **2.2. Gelombang**

Gelombang laut merupakan energi dari lautan yang bergerak. Gelombang laut berupa pergerakan naik turunnya air pada arah yang tegak lurus dengan permukaan laut sehingga membentuk kurva sinusoidal. Terbentuknya energi gelombang laut yang disebabkan oleh benda yang bergerak pada permukaan laut, angin, gangguan seismik, serta medan gravitasi bumi dan bulan penyebab gelombang-gelombang besar, terutama menyebabkan gelombang pasang yang tinggi. [3]

Sumber utama terjadinya gelombang di lautan adalah angin. Oleh karena itu, tinggi gelombang, periode gelombang dan arah gelombang dipengaruhi oleh kecepatan dan arah angin. Angin memberikan pengaruh besar terhadap terjadinya gelombang laut sehingga efisiensi hampir semua pesawa konversi energi gelombang laut dipengaruhi oleh frekuensi angin yang terjadi sepanjang tahun pada suatu zona lautan tertentu. [3]

## **2.3. Faktor – faktor pembentuk gelombang**

Secara umum gelombang yang terjadi di laut dapat terbentuk dari beberapa faktor penyebab seperti : angin, pasang surut, badai laut dan seiche.

### *2.3.1. Gelombang yang disebabkan oleh angin*

Angin yang bertiup di atas permukaan laut merupakan pembangkit utama gelombang. Bentuk gelombang yang dihasilkan cenderung tidak menentu dan bergantung pada beberapa sifat gelombang periode dan tinggi dimana gelombang

dibentuk. Gelombang seperti ini disebut *Sea*. Bentuk gelombang lain yang disebabkan oleh angin adalah gelombang yang bergerak dengan jarak yang sangat jauh sehingga semakin jauh meninggalkan daerah pembangkitnya gelombang ini tidak lagi dipengaruhi oleh angin. Gelombang ini akan lebih teratur dan jarak yang ditempuh selama pergerakannya dapat mencapai ribuan mil.

Jenis gelombang ini disebut *Swell*.

Tinggi gelombang rata-rata yang dihasilkan oleh angin merupakan fungsi dari kecepatan angin, waktu dimana angin bertiup, dan jarak dimana angin bertiup tanpa rintangan. Umumnya semakin kencang angin bertiup semakin besar gelombang yang terbentuk dan pergerakan gelombang mempunyai kecepatan yang tinggi sesuai dengan panjang gelombang yang besar. Gelombang yang terbentuk dengan cara ini umumnya mempunyai puncak yang kurang curam jika dibandingkan dengan tipe gelombang yang dibangkitkan dengan angin yang berkecepatan kecil atau lemah. Saat angin mulai bertiup, tinggi gelombang, kecepatan, panjang gelombang seluruhnya cenderung berkembang dan meningkat sesuai dengan meningkatnya waktu meniupan berlangsung.

### 2.3.2. *Gelombang yang disebabkan oleh pasang surut*

Gelombang pasang surut yang terjadi di suatu perairan yang diamati adalah merupakan penjumlahan dari komponen-komponen pasang yang disebabkan oleh gravitasi bulan, matahari, dan benda-benda angkasa lainnya yang mempunyai periode sendiri. Tipe pasang berbeda-beda dan sangat tergantung dari tempat dimana pasang itu terjadi.

Tipe pasang surut yang terjadi di Indonesia terbagi atas dua bagian yaitu tipe diurnal dimana terjadi satu kali pasang dan satu kali surut setiap hari misalnya yang terjadi di Kalimantan dan Jawa Barat. Tipe pasang surut yang kedua yaitu semi diurnal, dimana pada jenis yang kedua ini terjadi dua kali pasang dan dua kali surut dalam satu hari, misalnya yang terjadi di wilayah Indonesia Timur. Pasang surut atau pasang naik mempunyai bentuk yang sangat kompleks sebab dipengaruhi oleh beberapa faktor seperti hubungan pergerakan bulan dengan katulistiwa bumi, pergantian tempat antara bulan dan matahari dalam kedudukannya terhadap bumi, distribusi air yang tidak merata pada permukaan bumi dan ketidak teraturan konfigurasi kolom samudera.

#### 2.3.3. *Gelombang yang disebabkan oleh badai*

Bentuk gelombang yang dihasilkan oleh badai yang terjadi di laut merupakan hasil dari cuaca yang tiba-tiba berubah menjadi buruk terhadap kondisi perairan. Kecepatan gelombang tinggi dengan puncak gelombang dapat mencapai 7 – 10 meter. Bentuk gelombang ini dapat menghancurkan pantai dengan vegetasinya maupun wilayah pantai secara keseluruhan.

#### 2.3.4. *Gelombang yang disebabkan oleh tsunami*

Gelombang tsunami merupakan bentuk gelombang yang dibangkitkan dari dalam laut yang disebabkan oleh adanya aktivitas vulkanis seperti letusan gunung api bawah laut, maupun adanya peristiwa patahan atau pergeseran lempengan samudera (aktivitas tektonik). Panjang gelombang tipe ini dapat mencapai 160 Km dengan kecepatan 600-

700 Km/jam. Pada laut terbuka dapat mencapai 10-12 meter dan saat menjelang atau mendekati pantai tingginya dapat bertambah bahkan dapat mencapai 20 meter serta dapat menghancurkan wilayah pantai dan membahayakan kehidupan manusia, seperti yang terjadi di Kupang tahun 1993 dan di Biak tahun 1995 yang menewaskan banyak orang serta menghancurkan ekosistem laut.

#### 2.3.5. *Gelombang yang disebabkan oleh seiche*

Gelombang *seiche* merupakan *standing wave* yang sering juga disebut sebagai gelombang diam atau lebih dikenal dengan jenis gelombang stasioner. Gelombang ini merupakan *standing wave* dari periode yang relatif panjang dan umumnya dapat terjadi di kanal, danau dan sepanjang pantai laut terbuka. *Seiche* merupakan hasil perubahan secara mendadak atau seri periode yang berlangsung secara berkala dalam tekanan atmosfer dan kecepatan angin. [4]

## 2.4. Teknik Konfersi Energi

Ocean energi memfokuskan pengembangan pembangkit listrik gelombang laut dengan membuat *oscilating water column* yang mengapung di atas sebuah ponton dengan dipancangkan di dasar laut menggunakan kawat baja. Listrik yang dihasilkan dialirkan melalui kabel transmisi menuju ke daratan.

Berlokasi di Irlandia, sebuah negara yang terletak di salah satu tempat dengan iklim yang mendukung terjadinya gelombang laut dengan energi yang lebih dari cukup untuk dipanen, perusahaan tersebut memiliki lokasi yang tepat untuk melakukan riset dan pengembangan.

Sistem pembangkit listrik tersebut terdiri dari *chamber* berisi udara yang berfungsi untuk menggerakkan turbin, kolom tempat air bergerak naik dan turun melalui saluran yang berada di bawah ponton dan turbin yang terhubung dengan generator. Gerakan air naik dan turun yang seiring dengan gelombang laut menyebabkan udara mengalir melalui saluran menuju turbin. Turbin tersebut didesain untuk bisa bekerja dengan generator putaran dua arah.

Sistem yang berfungsi mengkonversi energi mekanik menjadi listrik terletak di atas permukaan laut dan terisolasi dari air laut dengan meletakkannya di dalam ruang khusus kedap air, sehingga bisa dipastikan tidak bersentuhan dengan air laut.

Dengan sistem yang dimilikinya, pembangkit listrik tersebut bisa memanfaatkan efisiensi optimal dari energi gelombang dengan meminimalisir gelombang-gelombang yang ekstrim. Efisiensi optimal bisa didapat ketika gelombang dalam kondisi normal. Hal tersebut bisa dicapai dengan digunakannya katup khusus yang menghindarkan turbin tersebut dari *overspeed*.

Teknik konversi energi gelombang menjadi Listrik sendiri ada tiga cara diantaranya. [5]

#### 2.4.1. *Energi gelombang*

Energi kinetik yang ada pada gelombang laut digunakan untuk menggerakkan turbin. Ombak naik ke dalam ruang generator, lalu air yang naik menekan udara keluar dari ruang generator dan menyebabkan turbin berputar. ketika air turun, udara bertiup dari luar ke dalam ruang generator dan memutar turbin kembali. [5]

#### 2.4.2. *Pasang surut air laut*

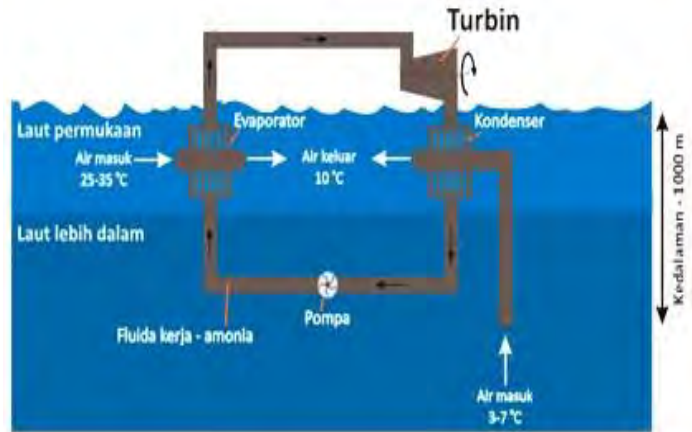
Bentuk lain dari pemanfaatan energi laut dinamakan energi pasang surut. Ketika pasang datang ke pantai, air pasang ditampung di dalam reservoir. Kemudian ketika air surut, air di belakang reservoir dapat dialirkan seperti pada PLTA biasa. Agar bekerja optimal, kita membutuhkan gelombang pasang yang besar. dibutuhkan perbedaan kira-kira 16 kaki antara gelombang pasang dan gelombang surut. Hanya ada beberapa tempat yang memiliki kriteria ini. Beberapa pembangkit listrik telah beroperasi menggunakan sistem ini. Sebuah pembangkit listrik di Prancis sudah beroperasi dan mencukupi kebutuhan listrik untuk 240.000 rumah[5]

#### 2.4.3. *Memanfaatkan perbedaan temperatur air laut (Ocean Thermal Energy)*

Cara lain untuk membangkitkan listrik dengan ombak adalah dengan memanfaatkan perbedaan suhu di laut. Jika kita berenang dan menyelam di laut kita akan merasakan bahwa semakin kita menyelam suhu laut akan semakin rendah (dingin). Suhu yang lebih tinggi pada permukaan laut disebabkan sinar matahari memanasi permukaan laut. Tetapi, di bawah permukaan laut, suhu sangat dingin. Itulah sebabnya penyelam menggunakan baju khusus ketika mereka menyelam. Baju tersebut akan menjaga agar suhu tubuh mereka tetap hangat.

Pembangkit listrik bisa dibangun dengan memanfaatkan perbedaan suhu untuk menghasilkan energi. Perbedaan suhu yang diperlukan sekurang-kurangnya 38<sup>0</sup> fahrenheit antara suhu permukaan dan suhu bawah laut untuk

keperluan ini. Cara ini dinamakan *Ocean Thermal Energy Conversion* atau OTEC. Cara ini telah digunakan di Jepang dan Hawaii dalam beberapa proyek percobaan. [5]



Gambar 2.1 Ocean Thermal Energy Conversion dengan Siklus Tertutup [5]

## 2.5. Kelebihan dan Kekurangan Teknik Konversi Energi Gelombang Menjadi Listrik

### 2.5.1. Kelebihan

- Energi ombak adalah energi yang bisa didapat setiap hari, tidak akan pernah habis
- Tidak menimbulkan polusi karena tidak ada limbahnya
- Mudah untuk mengkonversi energi listrik dari energi mekanik pada ombak
- Ramah lingkungan, energi ini juga mempunyai *intensitas energi kinetik* yang besar dibandingkan dengan energi terbarukan yang lain. Hal ini disebabkan densitas air laut 830 kali lipat densitas udara sehingga dengan kapasitas yang

sama, turbin arus laut akan jauh lebih kecil dibandingkan dengan turbin angin.

#### *2.5.2. Kekurangan*

- Diperlukan alat khusus yang memerlukan teknologi tinggi, sehingga membutuhkan tenaga ahli.
- Output dari pembangkit listrik tenaga pasang surut mengikuti grafik sinusoidal sesuai dengan respons pasang surut akibat gerakan interaksi Bumi-Bulan-Matahari.
- Biaya instalasi dan pemeliharaannya yang cukup besar
- Tantangan teknis tersendiri untuk para peneliti dalam desain sistem turbin, sistem roda gigi, dan sistem generator yang dapat bekerja secara terus-menerus selama lebih kurang lima tahun.

## **2.6. Perkembangan Teknologi dalam Bidang Energi Ombak**

Berbagai macam riset dan teknologi telah diterapkan oleh beberapa lembaga dan perusahaan untuk mengembangkan model baru bagi sistem konversi energi tenaga ombak ini sehingga dapat menghasilkan efisiensi yang lebih tinggi. Beberapa contoh perusahaan tersebut adalah:

### *1. Renewable Energy Holdings*

Perusahaan ini memiliki ide untuk menghasilkan listrik dari tenaga ombak menggunakan peralatan yang dipasang di dasar laut dekat tepi pantai sedikit mirip dengan Pelamis. Prinsipnya menggunakan gerakan naik turun dari ombak untuk menggerakkan piston yang bergerak naik turun pula di dalam sebuah silinder. Gerakan dari piston tersebut selanjutnya digunakan untuk mendorong air laut guna memutar turbin.



## 2. *SRI International*

Menggunakan konsep pemakaian sejenis plastik khusus bernama elastomer dielektrik yang bereaksi terhadap listrik. Ketika listrik dialirkan melalui elastomer tersebut, elastomer akan meregang dan terkompresi bergantian. Sebaliknya jika elastomer tersebut dikompresi atau diregangkan, maka energi listrik pun timbul. Berdasarkan konsep tersebut idenya ialah menghubungkan sebuah pelampung dengan elastomer yang terikat di dasar laut. Ketika pelampung diombang-ambingkan oleh ombak, maka regangan maupun tahanan yang dialami elastomer akan menghasilkan listrik.

## 3. *Bio Power System*

Mengembangkan inovasi sirip-ekor-ikan-hiu buatan dan rumput laut mekanik untuk menangkap energi dari ombak. Idenya bermula dari pemikiran sederhana bahwa sistem yang berfungsi paling baik di laut tentunya adalah sistem yang telah ada disana selama beribu-ribu tahun lamanya. Ketika arus ombak menggoyang sirip ekor mekanik dari samping ke samping sebuah kotak gir akan mengubah gerakan osilasi tersebut menjadi gerakan searah yang menggerakkan sebuah generator magnetik. Rumput laut mekaniknya pun bekerja dengan cara yang sama, yaitu dengan menangkap arus ombak di permukaan laut dan menggunakan generator yang serupa untuk merubah pergerakan laut menjadi listrik.

#### 4. *Ocean Power Delivery*

perusahaan ini mendesain tabung-tabung yang sekilas terlihat seperti ular mengambang di permukaan laut (dengan sebutan Pelamis) sebagai penghasil listrik. Setiap tabung memiliki panjang sekitar 122 meter dan terbagi menjadi empat segmen. Setiap ombak yang melalui alat ini akan menyebabkan tabung silinder tersebut bergerak secara vertikal maupun lateral. Gerakan yang ditimbulkan akan mendorong piston diantara tiap sambungan segmen yang selanjutnya memompa cairan hidrolik bertekanan melalui sebuah motor untuk menggerakkan generator listrik. Supaya tidak ikut terbawa arus, setiap tabung ditahan di dasar laut menggunakan jangkar khusus. [6]

### 2.7. **Potensi dan Hambatan Pengembangan dan Aplikasi Teknologi Gelombang di Indonesia**

Indonesia sebagai negara kepulauan dengan wilayah perairan yang luas, sebenarnya memiliki banyak lokasi yang potensial untuk dibangun sistem pembangkit listrik tenaga ombak karena laut-laut di Indonesia memiliki arus yang kuat dan ombak yang cukup besar, terutama di tempat-tempat yang menghadap ke Samudera Hindia dan Samudera Pasifik. Laut Indonesia adalah satu-satunya jalur yang mempertemukan massa air Samudera Pasifik dengan Samudera Hindia, dan tiap detiknya jalur ini dilewati oleh kurang lebih 15 juta meter kubik air laut. Indonesia juga merupakan negara dengan garis pantai terpanjang kedua di dunia. Seorang warga negara Indonesia bernama Zamrisyaf telah menemukan sistem listrik tenaga gelombang laut dengan metode bandulan dan bahkan telah mematenkannya. Sayangnya, pemerintah Indonesia belum mengkaji potensi ini lebih dalam dan mengembangkannya secara maksimal. Percobaan pengembangan instalasi untuk memanfaatkan energi gelombang dengan sistem

Oscillating Water Column pernah dilakukan di pantai Baron, Yogyakarta, namun hingga saat ini belum menunjukkan hasil yang memuaskan.

Ada beberapa faktor yang menjadi kendala dalam pengembangan pembangkit listrik tenaga gelombang laut di Indonesia. Pembangkit listrik tenaga gelombang laut ini akan dihubungkan dengan jaringan bawah laut ke konsumen sehingga perlu biaya yang mahal untuk perawatan dan biaya instalasi. Air laut dapat mempercepat terjadinya korosi pada peralatan, dan kekuatan arus yang besar dan ketidakkontinuan gelombang laut disebabkan terjadinya perputaran atau biasa disebut juga arus putar pun cenderung merusak peralatan. Outputnya mengikuti grafik sinusoidal sesuai dengan respon pasang surut akibat gerakan interaksi Bumi-Bulan-Matahari. Pada saat pasang purnama, kecepatan arus akan sangat deras, sedangkan saat pasang perbani, kecepatan arus akan berkurang kira-kira setengah dari pasang purnama.

Teknologi ini tergolong baru dan hanya dikuasai beberapa negara sehingga diperlukan pendanaan yang besar dalam pengembangannya di Indonesia. Hal ini terkait kondisi sumber arus Indonesia yang spesifik dan tidak dapat disamakan dengan negara-negara yang telah berhasil mengembangkan teknologi ini sehingga diperlukan penelitian yang lebih mendalam baik dalam hal perancangan alat ataupun penentuan tempat yang efektif untuk dibangunnya teknologi ini dan tentu saja pendanaan untuk para ahli yang bersangkutan

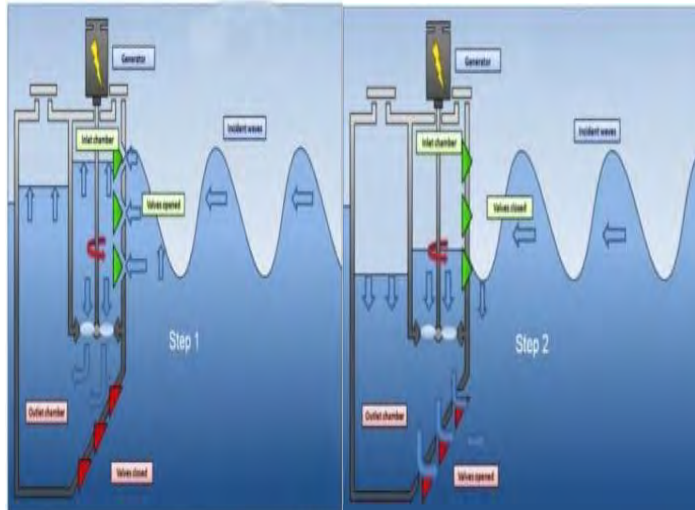
Untuk pengembangan energi alternatif yang terbaru dibutuhkan regulasi oleh pemerintah. Regulasi yang dibutuhkan berhubungan dengan tata niaga sumber energi dan perangkat hukum sehingga energi alternatif dapat

diperdagangkan. Ketiadaan subsidi dana untuk riset dan produksi energi alternatif merupakan kendala serius. Hal ini berdampak terhadap peningkatan kualitas dan pemanfaatan sumber energi alternatif belum bisa memberikan nilai tambah yang besar. Selain itu juga kurangnya dukungan kelembagaan, dukungan fiskal dan moneter serta dukungan ketentuan peraturan perundang-undangan. [6]

## **2.8. Macam – macam prinsip kerja *Oscillating Water Column* (OWC)**

### *2.8.1. Model (1)*

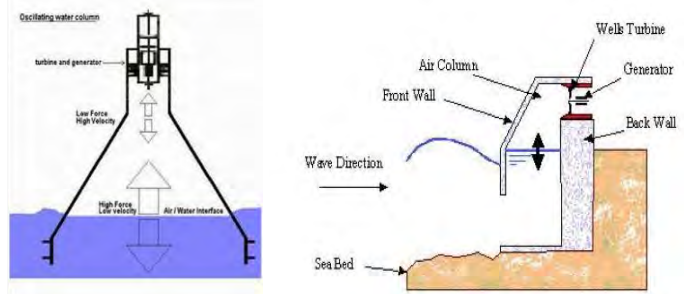
Dalam perencaan ini ketika gelombang laut naik air laut masuk kedalam OWC mendorong valve atas dan menutup valve bawah sehingga gelombang laut masuk kedalam reservoir supaya back pressure tidak terjadi dari masuknya gelombang laut kedalam maka digunakan outlet chamber untuk menampung keluarnya fluida sehingga tidak terjadi back pressure, ketika gelombang laut turun maka valve atas menutup dan valve bawah membuka untuk jalan keluarnya air laut, naik atau turunnya air yang terdapat pada reservoir mengikuti gelombang laut, dapat dilihat pada gambar 2.1. [7]



Gambar 2.2 Konsep Perencanaan OWC [7]

### 2.8.2. Model (2)

*Oscillating Water Column (OWC)* adalah teknologi pembangkit listrik yang menggunakan ombak laut sebagai sumbernya yang mana akan menggerakkan blade pada turbin.



Gambar 2.3 Model Oscillating Water Column dengan Turbine [7]

Prinsip kerja alat OWC ini adalah mengubah energi gelombang laut menjadi energi listrik berdasarkan prinsip kerja kolom isolasi.

1. Gelombang yang datang dari arah laut akan menabrak bangunan OWC, pada bagian bawah bangunan ini terdapat kolom terbuka untuk masuknya air laut.
2. Air laut yg terdapat pada bagian dalam *chamber* OWC akan berisolasi naik dan turun sehingga menimbulkan peristiwa sedot dan hisap pada kolom udara di atasnya (prinsip kerja pompa).
3. Maka timbulah peristiwa sedot hisap pada kolom udara di atasnya inilah yang akan menggerakkan blade pada turbin.

(perlu diperhatikan bahwa turbin yang digunakan adalah turbin searah, dimana pada saat terjadi aliran fluida naik-turun/sedot-hisap, turbin akan tetap memutar searah untuk menghasilkan energi listrik).

#### 2.8.2.1. *Komponen Oscillating Water Column*

Komponen Oscillating Water Column terbagi menjadi 2 komponen utama yaitu :

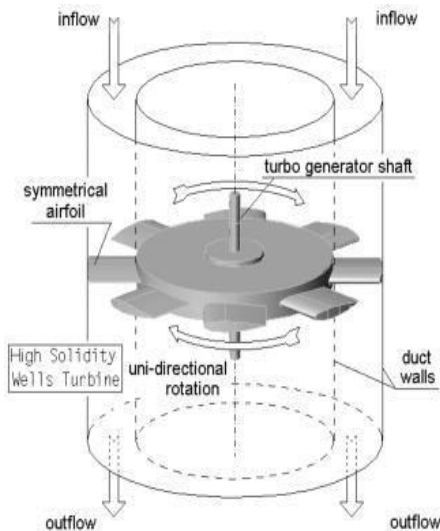
##### 1. Reservoir

Colom air pada OWC memiliki peran yang sangat vital, yaitu sebagai penangkap dan penghimpun gelombang air laut, yang mana gelombang tersebut akan meghasilkan perubahan volume air yang terjebak di dalam kolom air tersebut,

perubahan volume tersebut akan menyebabkan aliran fluida udara naik dan turun sehingga dapat memutar turbine.

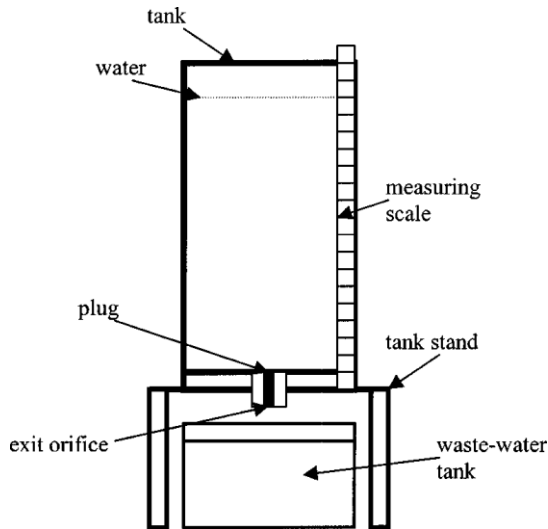
## 2. Turbin *wells*

Turbin ini merupakan bagian OWC yang menangkap energi mekanik dari perubahan volume fluida pada kolom, selanjutnya dari rotasi yang terjadi pada turbin ini maka akan generator akan menangkap rotasi tersebut dan mengkonversinya menjadi listrik



Gambar 2.4. Turbin wells pada OWC [7]

Seperti pada proses pengurasan tanki (draining tank) yang dijelaskan pada gambar dibawah, fluida pada tanki mengalami percepatan tertentu yang sebanding dengan ketinggiannya, semakin ke dasar maka fluida mengalami percepatan sampai fluida yang ada dalam tanki tersebut terkuras habis Rumus yang di gunakan untuk menghitung kecepatan yang ada dalam tabung menggunakan persamaan berikut :[8]



Gambar 2.5. Drain Tank [8]

$$h \left( g + \frac{d^2 h}{dt^2} \right) = \frac{1}{2} \left( \frac{dh}{dt} \right)^2 \left[ \left( \frac{At}{Ao} \right)^2 - 1 \right] \quad (2.1)$$

$$hg = \frac{1}{2} \left( \frac{dh}{dt} \right)^2 \left[ \left( \frac{At}{Ao} \right)^2 - 1 \right] \quad (2.2)$$



$$\frac{h}{ho} = (1 - \frac{t}{td})^2 \quad (2.3)$$

$$\frac{dh}{dt} = -\frac{2ho}{td} (1 - \frac{t}{td}) \quad (2.4)$$

$$td = (\frac{2ho}{g})^{1/2} \left[ (\frac{At}{Ao})^2 - 1 \right]^{1/2} \quad (2.5)$$

Di dapat persamaan kecepatan aliran sebagai berikut :

$$\frac{dh}{dt} = -\frac{2ho}{(\frac{2ho}{g})^{1/2} \left[ (\frac{At}{Ao})^2 - 1 \right]^{1/2}} \left( 1 - \frac{t}{(\frac{2ho}{g})^{1/2} \left[ (\frac{At}{Ao})^2 - 1 \right]^{1/2}} \right) \quad (2.6)$$

Rumus yang di gunakan untuk menghitung daya yang di dapat pada aliran fluida menggunakan persamaan berikut:

$$P = \tau x \omega \quad (2.7)$$

$$P = \frac{E}{t} \quad (2.8)$$

$$\frac{Ek}{t} = \frac{1}{2} \frac{m v^2}{t} \quad (2.9)$$

$$P = \frac{1}{2} M v^2 \quad (2.10)$$

$$P = \frac{1}{2} \rho Q v^2 \quad (2.11)$$

$$Q = A \cdot V \quad (2.12)$$

Didapat persamaan daya sebagai berikut :

$$P = \frac{1}{2} \rho A V^3 \quad (2.13)$$

*Halaman sengaja dikosongkan*

## **BAB III**

### **METODOLOGI**

Metodologi yang akan digunakan pada penelitian ini adalah dengan menggunakan metode berbasis percobaan yang selanjutnya akan dilakukan perancangan model peralatan, kemudian dilakukan pengujian dan percobaan pada pemodelan tersebut. Untuk lebih detailnya proses pengerjaan skripsi ini akan melalui beberapa tahapan sebagai berikut.

#### **3.1. Identifikasi dan Perumusan Masalah**

Proses awal pada pengerjaan skripsi ini akan dilakukan identifikasi permasalahan mengenai pengerjaan dan batasan masalah. Dan dalam hal ini batasan masalah dicantumkan dengan maksud agar topik bahasan lebih mendetail dan tidak terlalu meluas serta memudahkan penulis dalam melakukan analisa masalah.

#### **3.2. Studi Literatur**

Pengumpulan bahan pustaka atau studi literatur dilakukan dengan cara mengumpulkan berbagai referensi guna menunjang penulisan skripsi ini. Referensi yang diperlukan melalui berbagai media, antara lain:

- a) Buku
- b) Jurnal
- c) Artikel
- d) Tugas akhir
- e) Website.

#### **3.3. Penentuan Komponen**

Sebelum melakukan percobaan pemodelan dalam pembuatan prototipe *Oscillating Water Column (OWC)* dilakukan penentuan komponen untuk dapat menunjang percobaan pemodelan yang akan dilakukan.

### 3.4. Percobaan dan Pengambilan Data

Percobaan disini dilakukan untuk memperoleh waktu aliran fluida pada prototipe *Oscillating Water Column (OWC)* dengan variasi pipa inlet 50 mm untuk outlet 20 mm, 25 mm, 30 mm dan pipa inlet 40 mm untuk outlet 16 mm, 20 mm, 24 mm.



Gambar 3.1. Pipa dengan panjang 50 cm diameter 4 cm



Gambar 3.2. nozzle dengan variasi diameter 1,6 cm ; 2cm ; 2,4 cm



Gambar 3.3. Pipa dengan panjang 50 cm diameter 5 cm



Gambar 3.4. nozzle dengan variasi diameter 2 cm ; 2,5 cm ; 3 cm



Gambar 3.5 Tabung Reservoir (30x30x40)cm

### 3.5. Analisa Data

Pada tahapan analisa ini data hasil percobaan yang telah dikumpulkan kemudian dianalisa berdasarkan persamaan teori rumus perhitungan yang telah di susun pada BAB II.

Berikut data – data yang akan dijadikan objek pada analisa data ini :

1. Menghitung waktu fluida yang turun hingga mengosongkan tabung pipa
2. Menghitung kecepatan fluida pada tabung pipa.
3. Menghitung kecepatan pada nozzle.

4. Perhitungan daya terhadap waktu menggunakan persamaan (2.13)

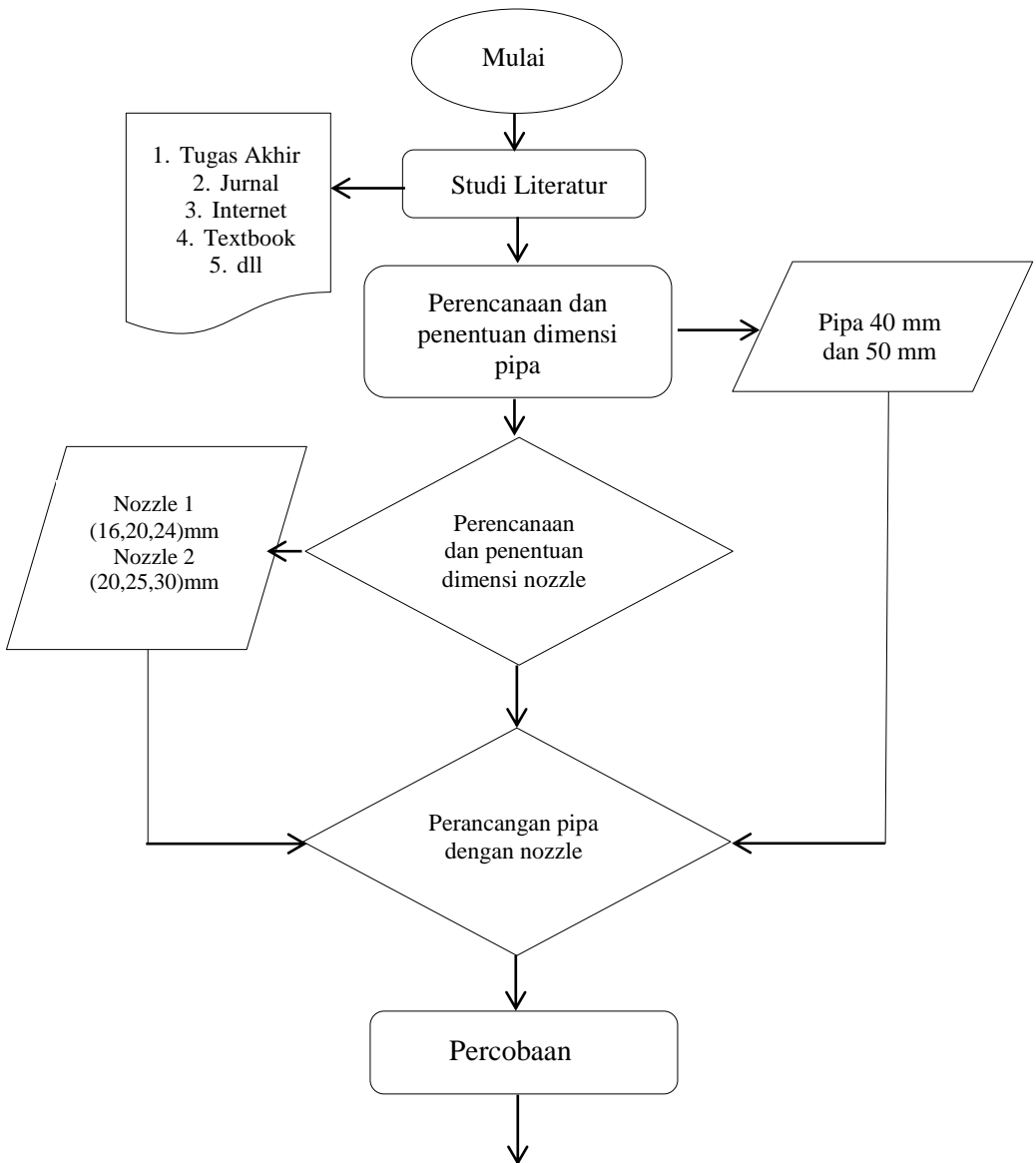
$$P = \frac{1}{2} \rho A V^3$$

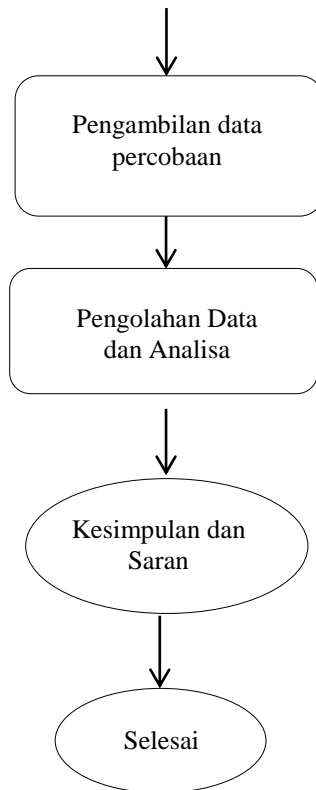
### **3.6. Kesimpulan dan Saran**

Pada tahap ini merupakan tahapan akhir dari penulisan skripsi ini, dimana dilakukukan penarikan kesimpulan dan diharapkan dapat menjawab tujuan dan permasalahan yang ditimbulkan pada serangkaian proses percobaan diatas. Selain itu, juga memberikan saran terkait dengan penelitian selanjutnya.



### 3.7. Flow chart





*Halaman sengaja dikosongkan*

## BAB IV ANALISA DAN PEMBAHASAN

### 4.1. Data Prototype

Data pada perancangan dari *Oscillating Water Column* (OWC) dimensi perancangan pada prototype adalah sebagai berikut :



Gambar 4.1. Prototype *Oscillating Water Column* (OWC)

Dimensi :

Panjang reservoir	: 30	cm
Lebar reservoir	: 30	cm
Tinggi reservoir	: 40	cm
Panjang pipa 1	: 50	cm
Diameter pipa 1	: 4	cm
Panjang pipa 2	: 50	cm
Diameter pipa 2	: 5	cm

Variasi nozzle pipa 1	: 1,6	cm
	: 2	cm
	: 2,4	cm

Variasi nozzle pipa 2	: 2	cm
	: 2,5	cm
	: 3	cm

#### 4.1.1. Perencanaan eksperimen

Pada eksperimen Prototype *Oscillating Water Column* (OWC) dilakukan di Laboratorium Marine Manufacture and Design, berikut adalah langkah – langkah eksperimen.

##### 1. Persiapan alat.

➤ Tinta merah



Gambar 4.2. Jarum suntik dan tinta untuk pewarnaan

Tinta merah ini digunakan untuk membantu penglihatan saat melakukan pengambilan video.

## 2. Handycam



Gambar 4.3. Handycam

Digunakan sebagai media untuk mencatat waktu yang dibutuhkan aliran air saat turun pada receiver OWC. Pada pengambilan data handycam ini di *setting* agar dapat menangkap objek gerak dengan tingkat presisi 250 fps (*frame per second*).

## 3. Dan alat-alat lain yang dapat membantu proses pengambilan data.

#### 4.2. Proses Eksperimen

Berikut langkah – langkah eksperimen :

- Sediakan air sesuai kebutuhan
- Masukkan air pada tanki dan tabung reciever OWC



Gambar 4.4. Pengisian air pada reciever



Gambar 4.5. Pengisian air pada tabung receiver

- Tembakan tinta pada air didalam tabung receiver



Gambar 4.6. Proses tinta masuk



- Buka valve agar air dalam tabung reciever keluar.  
Untuk mempermudah proses pengambilan data maka valve dibuka dengan menggunakan stick meskipun dengan metode ini sebenarnya dapat mempengaruhi aliran namun karena kendala biaya dan waktu sehingga dipilihlah metode ini untuk melepas (valve).
- Bersama dengan valve yang dibuka rekam proses jatuhnya air dengan menggunakan handycam.



Gambar 4.7. Proses rekam aliran fluida

- Pengambilan data eksperimen  
Dari eksperimen yang dilakukan maka hasil yang dicapai adalah berapa lama waktu yang dibutuhkan fluida untuk mencapai titik tertentu sehingga dapat diketahui dengan perhitungan kecepatan fluida yang mengalir melalui tabung reciever tersebut.

#### 4.3. Data Input

Data input yang digunakan untuk melakukan perhitungan ini adalah berdasarkan hasil percobaan yang telah dilakukan berikut tabel hasil percobaan.

Tabel 4.1 Hasil percobaan 1 untuk Pipa input 40 mm output 16 mm.

H	Waktu Video					Rata - rata
	1	2	3	4	5	
0,5	1,3	1,6	1,8	1,5	1,7	1,58
0,375	3,4	3,4	3,5	3,4	3,5	3,44
0,25	6,2	6	6	6	6,1	6,06
0,125	10,1	9,6	9,4	9,5	9,7	9,66

Tabel 4.2 Hasil percobaan 2 untuk Pipa input 40 mm output 20 mm.

H	Waktu Video					
	1	2	3	4	5	Rata - rata
0,5	1	0,8	0,9	0,9	1	0,92
0,375	2,4	2,1	2	2,1	2	2,12
0,25	3,7	3,8	3,6	3,7	3,7	3,7
0,125	6,3	6	6	6,2	6,2	6,14

Tabel 4.3 Hasil percobaan 3 untuk Pipa input 40 mm output 24 mm.

H	Waktu Video					
	1	2	3	4	5	Rata - rata
0,5	0,7	0,6	0,6	0,6	0,6	0,62
0,375	1,4	1,5	1,6	1,5	1,4	1,48
0,25	2,3	2,2	2,2	2,3	2,2	2,24
0,125	3,7	3,9	4	3,9	4	3,9

Tabel 4.4 Hasil percobaan 4 untuk Pipa input 50 mm output 20 mm.

H	Waktu Video					
	1	2	3	4	5	Rata - rata
0,5	1,5	1,4	1,5	1,4	1,6	1,48
0,375	3,3	3,4	3,4	3,5	3,5	3,42
0,25	5,5	5,6	5,7	5,6	5,7	5,62
0,125	9,6	8,9	9,4	9	9,7	9,32

Tabel 4.5 Hasil percobaan 5 untuk Pipa input 50 mm output 25 mm.

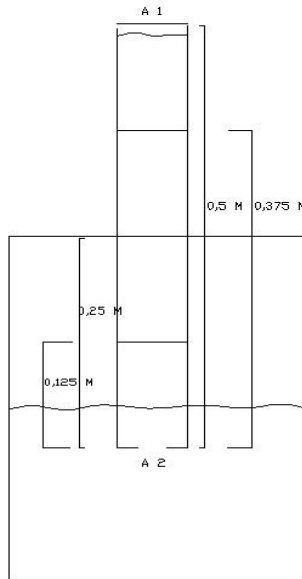
H	Waktu Video					
	1	2	3	4	5	Rata - rata
0,5	0,9	0,8	0,7	0,8	0,9	0,82
0,375	1,8	1,9	2	2,1	1,9	1,94
0,25	3,3	3,5	3,6	3,8	3,8	3,6
0,125	5,7	5,8	5,6	6	5,8	5,78

Tabel 4.6 Hasil percobaan 6 untuk Pipa input 50 mm output 30 mm.

H	Waktu Video					
	1	2	3	4	5	Rata - rata
0,5	0,6	0,6	0,6	0,5	0,5	0,56
0,375	1,5	1,5	1,6	1,5	1,5	1,52
0,25	2,6	2,4	2,5	2,4	2,5	2,48
0,125	4	3,7	4,1	4	3,9	3,94

#### 4.4. Perhitungan Kecepatan Aliran Terhadap Diameter *Oscillating Water Column* (OWC)

:



Gambar 4.8. Sketsa *prototype Oscilating Water Column*

Untuk menghitung kecepatan aliran pada tabung dengan variasi diameter inlet dan outlet adalah menggunakan persamaan sebagai berikut :

$$V = \frac{S}{t}$$

$$A_1 \times v_1 = A_2 \times v_2$$

$$V_2 = \frac{A_1}{A_2} V_1$$

$$\frac{\frac{1}{4} \pi D_1^2}{\frac{1}{4} \pi D_2^2}$$

$$V_2 = \left(\frac{D_1}{D_2}\right)^2 V_1$$

$$V_2 = \left(\frac{0,04}{0,016}\right)^2 1,582$$

$$V_2 = 9,889 \text{ m/s}$$

Diketahui

Tinggi tabung : 0,5 m

Diameter<sub>A0</sub> : 0,04 m

Diameter<sub>AT</sub> : 0,016 m

Tabel 4.7 Hasil perhitungan kecepatan untuk Pipa input 40 mm output 16 mm

16/40				
H	Waktu Video	Waktu Real	V1(m/s)	V2(m/s)
0,5	1,58	0,316	1,582	9,889
0,375	3,44	0,688	0,727	4,542
0,25	6,06	1,212	0,413	2,578
0,125	9,66	1,932	0,259	1,617

Tinggi tabung : 0,5 m  
 Diameter  $A_0$  : 0,04 m  
 Diameter  $A_T$  : 0,02 m

Tabel 4.8 Hasil perhitungan kecepatan untuk Pipa input 40 mm output 20 mm

20/40				
H	Waktu Video	Waktu Real	V1(m/s)	V2(m/s)
0,5	0,92	0,184	2,717	10,870
0,375	2,12	0,424	1,179	4,717
0,25	3,70	0,740	0,676	2,703
0,125	6,14	1,228	0,407	1,629

Tinggi tabung : 0,5 m  
 Diameter  $A_0$  : 0,04 m  
 Diameter  $A_T$  : 0,024 m

Tabel 4.9 Hasil perhitungan kecepatan untuk Pipa input 40 mm output 24 mm

24/40				
H	Waktu Video	Waktu Real	V1(m/s)	V2(m/s)
0,5	0,62	0,124	4,032	11,201
0,375	1,48	0,296	1,689	4,692
0,25	2,24	0,448	1,116	3,100
0,125	3,90	0,780	0,641	1,781

Tinggi tabung : 0,5 m  
 Diameter<sub>A0</sub> : 0,05 m  
 Diameter<sub>AT</sub> : 0,02 m

Tabel 4.10 Hasil perhitungan kecepatan untuk Pipa input 50 mm output 20 mm

20/50				
H	Waktu Video	Waktu Real	V1(m/s)	V2(m/s)
0,5	1,48	0,296	1,689	10,557
0,375	3,42	0,684	0,731	4,569
0,25	5,62	1,124	0,445	2,780
0,125	9,32	1,864	0,268	1,677

Tinggi tabung : 0,5 m  
 Diameter<sub>A0</sub> : 0,05 m  
 Diameter<sub>AT</sub> : 0,025 m

Tabel 4.11 Hasil perhitungan kecepatan untuk Pipa input 50 mm output 25 mm

25/50				
H	Waktu Video	Waktu Real	V1(m/s)	V2(m/s)
0,5	0,82	0,164	3,049	12,195
0,375	1,94	0,388	1,289	5,155
0,25	3,60	0,720	0,694	2,778
0,125	5,78	1,156	0,433	1,730

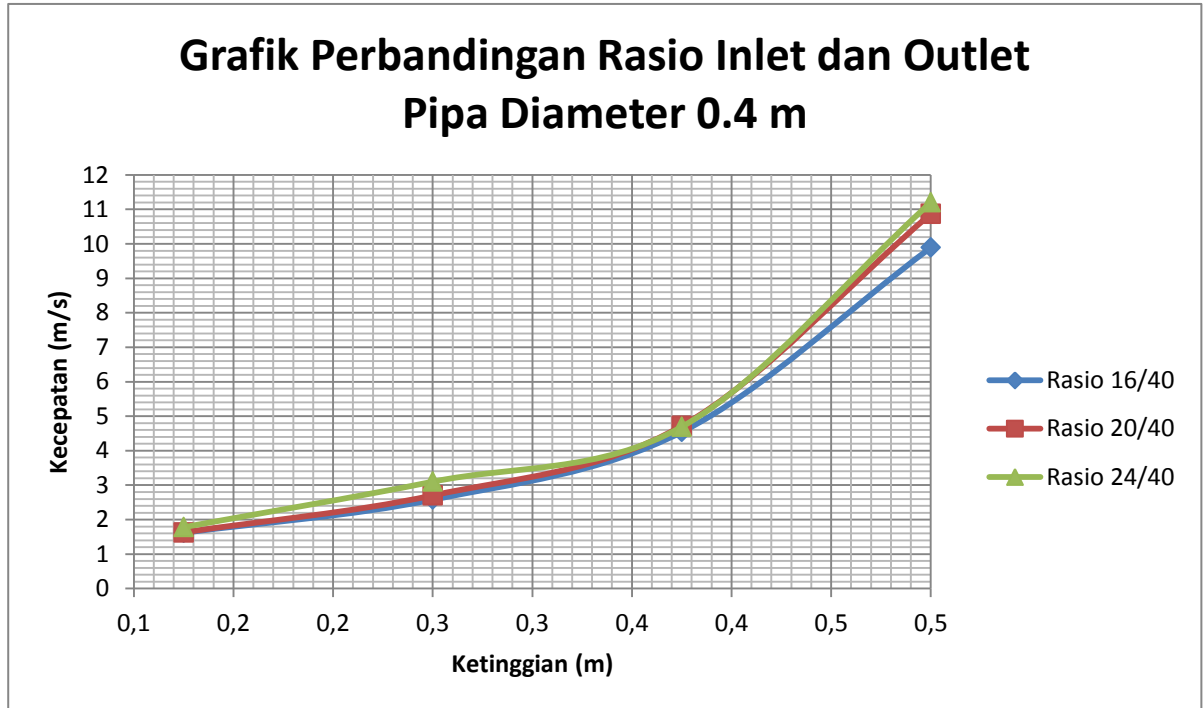


Tinggi tabung : 0,5 m  
 Diameter<sub>A0</sub> : 0,05 m  
 Diameter<sub>AT</sub> : 0,03 m

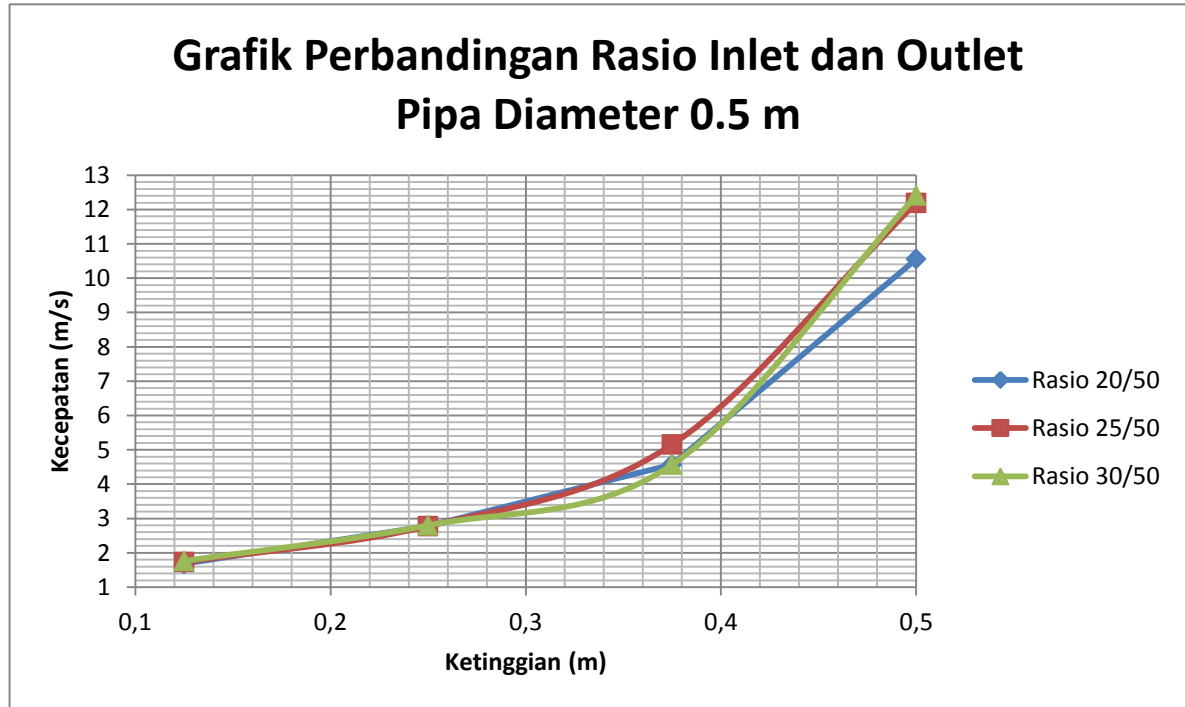
Tabel 4.12 Hasil perhitungan kecepatan untuk Pipa input 50 mm output 30 mm

30/50				
H	Waktu Video	Waktu Real	V <sub>1(m/s)</sub>	V <sub>2(m/s)</sub>
0,5	0,56	0,112	4,464	12,401
0,375	1,52	0,304	1,645	4,569
0,25	2,48	0,496	1,008	2,800
0,125	3,94	0,788	0,635	1,763

Gambar 4.9. Grafik Perbandingan Rasio Inlet dan Outlet Pipa Diameter 0,4 m



Gambar 4.10. Grafik Perbandingan Rasio Inlet dan Outlet Pipa Diameter 0,5 m



Pada percobaan prototype *Oscillating Water Column* (OWC) variabel diatas yang di variasikan adalah diameter pipa outlet. Berdasarkan grafik di atas menunjukkan pada waktu ketinggian awal kecepatan tinggi akan tetapi ketika semakin ke bawah kecepatan akan turun ini di karenakan aliran yang semakin ke bawah akan di pengaruhi nozzle maka dari itu kecepatan yang dihasilkan akan turun karena penyempitan diameter outlet. Dan di tunjukkan pada grafik di atas semakin besar rasio diameter inlet dan outlet maka kecepatan yang di hasilkan akan bertambah besar.

#### 4.5. Perhitungan Daya yang Di hasilkan Aliran Fluida Pada *Oscillating Water Column* (OWC).

Perhitungan daya yang dihasilkan pada aliran fluida *Oscillating Water Column* (OWC) menggunakan persamaan sebagai berikut :

$$P = \frac{1}{2} \rho A V^3$$

Contoh perhitungan daya inlet 40 mm

$$P = \frac{1}{2} \rho A V^3$$

$$A = \frac{1}{4} \pi D^2$$

$$A = \frac{1}{4} \cdot 3,14 \cdot 0,016^2$$

$$A = 0,0001005$$

$$P = \frac{1}{2} 1000 \times 0,0001005 \times 9,89^3$$

$$P = 48,59 \text{ watt}$$

Tabel 4.13. Daya pada pipa diameter input 40 mm

output diameter (mm)					
16		20		24	
V <sub>t</sub> (m/s)	Daya (watt)	V <sub>t</sub> (m/s)	Daya (watt)	V <sub>t</sub> (m/s)	Daya (watt)
9,89	48,59	10,87	100,81	11,20	158,84
4,54	4,71	4,72	8,24	4,69	11,68
2,58	0,86	2,70	1,55	3,10	3,37
1,62	0,21	1,63	0,34	1,78	0,64

Contoh perhitungan daya pada pipa inlet 50

$$P = \frac{1}{2} \rho A V^3$$

$$A = \frac{1}{4} \pi D^2$$

$$A = \frac{1}{4} \cdot 3,14 \cdot 0,02^2$$

$$A = 0,000157$$

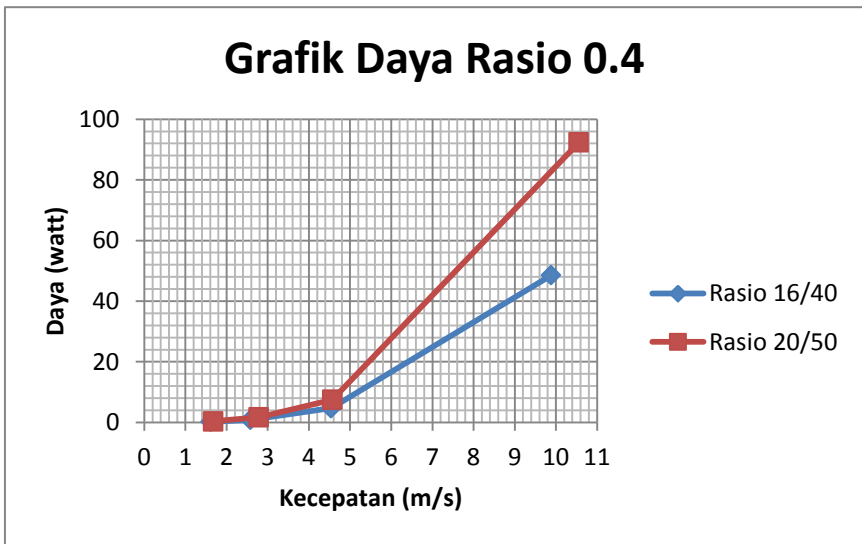
$$P = \frac{1}{2} 1000 \times 0,000157 \times 10,56^3$$

$$P = 92,37 \text{ watt}$$

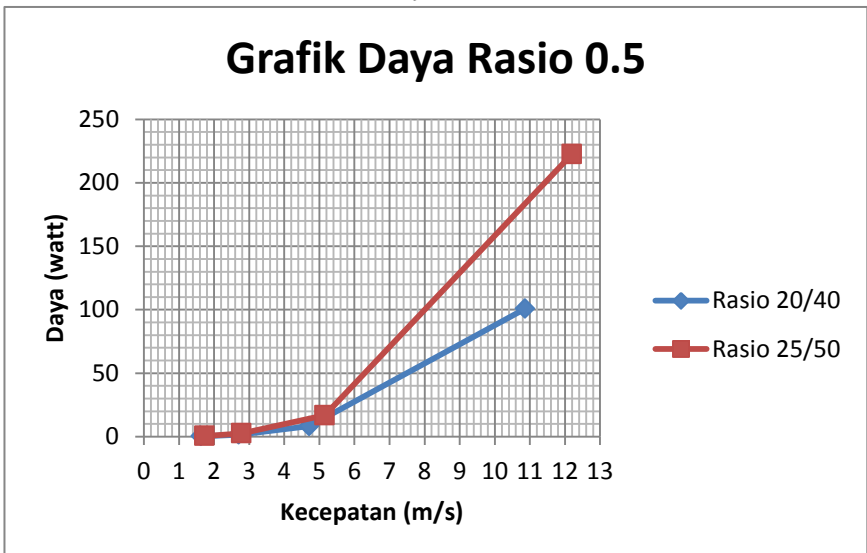
Tabel 4.14. Daya pada pipa diameter input 50 mm

output diameter (mm)					
20		25		30	
V <sub>t</sub> (m/s)	Daya (watt)	V <sub>t</sub> (m/s)	Daya (watt)	V <sub>t</sub> (m/s)	Daya (watt)
10,56	92,37	12,20	222,46	12,40	336,82
4,57	7,49	5,15	16,80	4,57	16,84
2,78	1,69	2,78	2,63	2,80	3,88
1,68	0,37	1,73	0,64	1,76	0,97

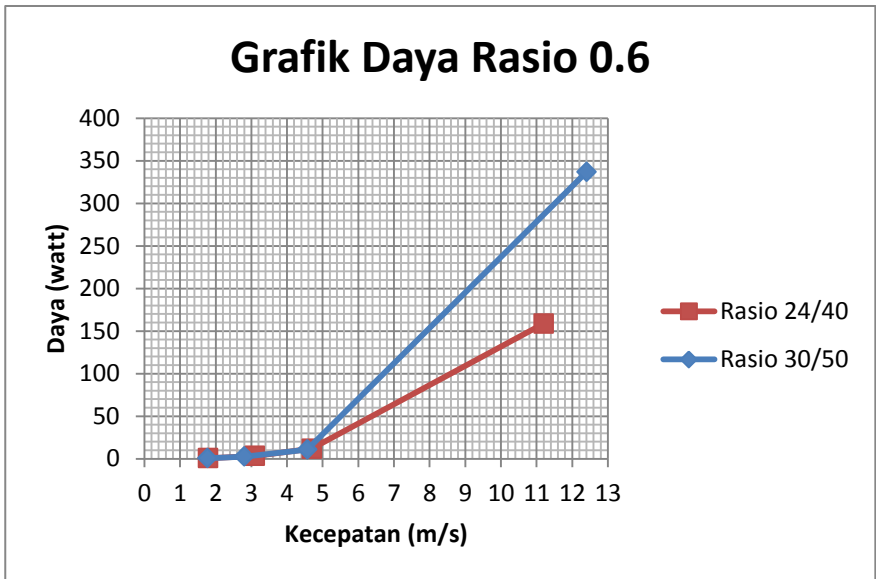
Gambar 4.11. Grafik Daya Rasio 0,4



Gambar 4.12. Grafik Daya Rasio 0,5



Gambar 4.13. Grafik Daya Rasio 0,6



Sesuai data hasil percobaan prototype *Oscillating Water Column* (OWC), yang di tunjukkan pada grafik diatas bahwa ketika rasio antara diameter pipa inlet dan outlet semakin besar dan semakin tinggi kecepatan maka daya yang hasilkan berbanding lurus juga semakin besar.



*Halaman sengaja dikosongkan*

## **BAB V**

### **KESIMPULAN DAN SARAN**

#### **5.1. Kesimpulan**

Kesimpulan yang dapat diambil dari analisa data yang telah dilakukan adalah sebagai berikut :

1. Pada percobaan yang telah dilakukan terbukti bahwa semakin besar perbandingan rasio diameter inlet dan diameter outlet maka kecepatan yang diperoleh juga semakin besar. Dibuktikan dalam perhitungan berikut salah satu *sample* dari pipa diameter 0,04. Pada diameter pipa inlet 0,04 m dengan diameter pipa outlet 0,016 m menghasilkan kecepatan 9,889 m/s. Selanjutnya ketika diameter pipa inlet 0,04 m dengan diameter pipa outlet 0,02 m menghasilkan kecepatan 10,870 m/s. Analisa data yang ketiga juga membuktikan demikian ketika diameter pipa inlet 0,04 m dengan diameter pipa outlet 0,024 m menghasilkan kecepatan 11,801 m/s.
2. Pada percobaan dibuktikan bahwa saat mendekati nozzle akan terjadi perlambatan kecepatan dibuktikan pada pipa diameter *inlet* 0,05 dan diameter *outlet* 0,02 didapat pada ketinggian 0,5 sampai dengan 0,375 kecepatan yang dihasilkan 4,032 m/s, pada ketinggian 0,375 sampai dengan 0,25 kecepatan yang dihasilkan 1,689 m/s, pada ketinggian 0,25 sampai dengan 0,125 kecepatan yang dihasilkan 1,116 m/s, pada ketinggian 0,125 sampai dengan 0 kecepatan yang dihasilkan 0,641 m/s.

3. Dari hasil percobaan yang di lakukan juga dapat diambil berapa daya yang dihasilkan pada *prototype oscillating water column* semakin besar kecepatan yang di hasilkan akan menghasilkan daya yang besar pula seperti pada percobaan pipa diameter 0,04. Pada diameter pipa inlet 0,04 m dengan diameter pipa outlet 0,016 dengan kecepatan 9,889 m/s dapat menghasilkan daya 48,59 watt. Pada diameter pipa inlet 0,04 m dengan diameter pipa outlet 0,02 dengan kecepatan 10,870 m/s dapat menghasilkan daya 100,81 watt. Dan pada diameter pipa inlet 0,04 m dengan diameter pipa outlet 0,024 dengan kecepatan 11,801 m/s dapat menghasilkan daya 158,84 watt.

## 5.2. Saran

1. Perlu ditambahkan perancangan turbin dalam perencanaan *Oscillating Water Column*
2. Perlu dilakukakan pemilihan blade yang efisien pada perencanaan *Oscillating Water Column*

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] Furqon,Ahmad Faizul.2013. Pembangkit Listrik Tenaga Gelombang Laut, diakses dari <http://rekanfurqon.blogspot.com/2013/05/pembangkit-listrik-tenaga-gelombang-laut.html#gsc.tab=0>. Diakses pada April 2015
- [2] Pengertian Konversi Energi,2011. Website ini dapat diakses dari <http://mjpcenter.blogspot.com/2011/02/pengertian-konversi-energi.html> Diakses pada Maret 2015
- [3] Iyta 2014. Pemanfaatan Gelombang Laut diakses dari <http://lperwitasari.blogspot.com/2014/07/pemanfaatan-gelombang-laut-sebagai.html> Diakses pada April 2015
- [4] Gelombang laut diakses dari website <http://jun13-oseanografidanilmukelautan.blogspot.com/2011/01/gelombang-laut.html> Diakses pada Mei 2015
- [5] Anton Budiman.2010. Teknik konversi energi gelombang menjadi energi listrik website ini dapat diakses di <https://antonbudiman.wordpress.com/2010/04/10/teknik-konversi-energi-gelombang-menjadi-energi-listrik/> Diakses pada Mei 2015
- [6] EvanvClearesta,2010 sistem Pembangkit Listrik Tenaga Laut <http://majalahenergi.com/forum/energi-baru-dan-terbarukan/energi-laut/tf-2106-konversi-energi-sistem-pembangkit-listrik-tenaga-laut> Diakses pada April 2015
- [7] Septiawan Endrik Hartanto 2015. Perencanaan Oscillating Wave Column (OWC) menggunakan fluida cair. Institut Teknologi Sepuluh Nopember.

- [8] Am. J. Phys., Vol. 71, No. 11, 2003. Mechanics of the slow draining of a large tank under gravity. *Department of Engineering, Indiana University—Purdue University Fort Wayne, Fort Wayne, Indiana 46805-1499*

### Tabel Percobaan 1.

Tinggi tabung                      0,5  
Diameter  $A_o$                       0,04  
Diameter  $A_t$                       0,016

16/40				
H	Waktu Video	Waktu Real	V <sub>1</sub>	V <sub>2</sub>
0,5	1,30	0,260	1,923	12,019
0,375	3,40	0,680	0,735	4,596
0,25	6,20	1,240	0,403	2,520
0,125	10,10	2,020	0,248	1,547

16/40				
H	Waktu Video	Waktu Real	V <sub>1</sub>	V <sub>2</sub>
0,5	1,60	0,320	1,563	9,766
0,375	3,40	0,680	0,735	4,596
0,25	6,00	1,200	0,417	2,604
0,125	9,60	1,920	0,260	1,628

16/40				
H	Waktu Video	Waktu Real	V <sub>1</sub>	V <sub>2</sub>
0,5	1,80	0,360	1,389	8,681
0,375	3,50	0,700	0,714	4,464
0,25	6,00	1,200	0,417	2,604
0,125	9,40	1,880	0,266	1,662

16/40				
H	Waktu Video	Waktu Real	V1	V2
0,5	1,50	0,300	1,667	10,417
0,375	3,40	0,680	0,735	4,596
0,25	6,00	1,200	0,417	2,604
0,125	9,50	1,900	0,263	1,645

16/40				
H	Waktu Video	Waktu Real	V1	V2
0,5	1,70	0,340	1,471	9,191
0,375	3,50	0,700	0,714	4,464
0,25	6,10	1,220	0,410	2,561
0,125	9,70	1,940	0,258	1,611

## Tabel Percobaan 2.

Tinggi tabung                      0,5  
Diameter  $A_o$                       0,04  
Diameter  $A_t$                       0,02

20/40				
H	Waktu Video	Waktu Real	V <sub>1</sub>	V <sub>2</sub>
0,5	1,00	0,200	2,500	10,000
0,375	2,40	0,480	1,042	4,167
0,25	3,70	0,740	0,676	2,703
0,125	6,30	1,260	0,397	1,587

20/40				
H	Waktu Video	Waktu Real	V <sub>1</sub>	V <sub>2</sub>
0,5	0,80	0,160	3,125	12,500
0,375	2,10	0,420	1,190	4,762
0,25	3,80	0,760	0,658	2,632
0,125	6,00	1,200	0,417	1,667

20/40				
H	Waktu Video	Waktu Real	V <sub>1</sub>	V <sub>2</sub>
0,5	0,90	0,180	2,778	11,111
0,375	2,00	0,400	1,250	5,000
0,25	3,60	0,720	0,694	2,778
0,125	6,00	1,200	0,417	1,667



20/40				
H	Waktu Video	Waktu Real	V1	V2
0,5	0,90	0,180	2,778	11,111
0,375	2,10	0,420	1,190	4,762
0,25	3,70	0,740	0,676	2,703
0,125	6,20	1,240	0,403	1,613

20/40				
H	Waktu Video	Waktu Real	V1	V2
0,5	1,00	0,200	2,500	10,000
0,375	2,00	0,400	1,250	5,000
0,25	3,70	0,740	0,676	2,703
0,125	6,20	1,240	0,403	1,613

### Tabel Percobaan 3.

Tinggi tabung                      0,5  
Diameter  $A_o$                       0,04  
Diameter  $A_t$                       0,024

24/40				
H	Waktu Video	Waktu Real	V <sub>1</sub>	V <sub>2</sub>
0,5	0,70	0,140	3,571	9,921
0,375	1,40	0,280	1,786	4,960
0,25	2,30	0,460	1,087	3,019
0,125	3,70	0,740	0,676	1,877

24/40				
H	Waktu Video	Waktu Real	V <sub>1</sub>	V <sub>2</sub>
0,5	0,60	0,120	4,167	11,574
0,375	1,50	0,300	1,667	4,630
0,25	2,20	0,440	1,136	3,157
0,125	3,90	0,780	0,641	1,781

24/40				
H	Waktu Video	Waktu Real	V <sub>1</sub>	V <sub>2</sub>
0,5	0,60	0,120	4,167	11,574
0,375	1,60	0,320	1,563	4,340
0,25	2,20	0,440	1,136	3,157
0,125	4,00	0,800	0,625	1,736

24/40				
H	Waktu Video	Waktu Real	V <sub>1</sub>	V <sub>2</sub>
0,5	0,60	0,120	4,167	11,574
0,375	1,50	0,300	1,667	4,630
0,25	2,30	0,460	1,087	3,019
0,125	3,90	0,780	0,641	1,781

24/40				
H	Waktu Video	Waktu Real	V <sub>1</sub>	V <sub>2</sub>
0,5	0,60	0,120	4,167	11,574
0,375	1,40	0,280	1,786	4,960
0,25	2,20	0,440	1,136	3,157
0,125	4,00	0,800	0,625	1,736

#### Tabel Percobaan 4.

Tinggi tabung                      0,5  
Diameter  $A_o$                       0,05  
Diameter  $A_t$                       0,02

20/50				
H	Waktu Video	Waktu Real	V <sub>1</sub>	V <sub>2</sub>
0,5	1,50	0,300	1,667	10,417
0,375	3,30	0,660	0,758	4,735
0,25	5,50	1,100	0,455	2,841
0,125	9,60	1,920	0,260	1,628

20/50				
H	Waktu Video	Waktu Real	V <sub>1</sub>	V <sub>2</sub>
0,5	1,40	0,280	1,786	11,161
0,375	3,40	0,680	0,735	4,596
0,25	5,60	1,120	0,446	2,790
0,125	8,90	1,780	0,281	1,756

20/50				
H	Waktu Video	Waktu Real	V <sub>1</sub>	V <sub>2</sub>
0,5	1,50	0,300	1,667	10,417
0,375	3,40	0,680	0,735	4,596
0,25	5,70	1,140	0,439	2,741
0,125	9,40	1,880	0,266	1,662

20/50				
H	Waktu Video	Waktu Real	V <sub>1</sub>	V <sub>2</sub>
0,5	1,40	0,280	1,786	11,161
0,375	3,50	0,700	0,714	4,464
0,25	5,60	1,120	0,446	2,790
0,125	9,00	1,800	0,278	1,736

20/50				
H	Waktu Video	Waktu Real	V <sub>1</sub>	V <sub>2</sub>
0,5	1,60	0,320	1,563	9,766
0,375	3,50	0,700	0,714	4,464
0,25	5,70	1,140	0,439	2,741
0,125	9,70	1,940	0,258	1,611

### Tabel Percobaan 5.

Tinggi tabung                      0,5  
Diameter  $A_o$                       0,05  
Diameter  $A_t$                       0,025

25/50				
H	Waktu Video	Waktu Real	V <sub>1</sub>	V <sub>2</sub>
0,5	0,90	0,180	2,778	11,111
0,375	1,80	0,360	1,389	5,556
0,25	3,30	0,660	0,758	3,030
0,125	5,70	1,140	0,439	1,754

25/50				
H	Waktu Video	Waktu Real	V <sub>1</sub>	V <sub>2</sub>
0,5	0,80	0,160	3,125	12,500
0,375	1,90	0,380	1,316	5,263
0,25	3,50	0,700	0,714	2,857
0,125	5,80	1,160	0,431	1,724

25/50				
H	Waktu Video	Waktu Real	V <sub>1</sub>	V <sub>2</sub>
0,5	0,70	0,140	3,571	14,286
0,375	2,00	0,400	1,250	5,000
0,25	3,60	0,720	0,694	2,778
0,125	5,60	1,120	0,446	1,786

25/50				
H	Waktu Video	Waktu Real	V <sub>1</sub>	V <sub>2</sub>
0,5	0,80	0,160	3,125	12,500
0,375	2,10	0,420	1,190	4,762
0,25	3,80	0,760	0,658	2,632
0,125	6,00	1,200	0,417	1,667

25/50				
H	Waktu Video	Waktu Real	V <sub>1</sub>	V <sub>2</sub>
0,5	0,90	0,180	2,778	11,111
0,375	1,90	0,380	1,316	5,263
0,25	3,80	0,760	0,658	2,632
0,125	5,80	1,160	0,431	1,724

### Tabel Percobaan 6.

Tinggi tabung                      0,5  
Diameter  $A_o$                       0,05  
Diameter  $A_t$                       0,03

30/50				
H	Waktu Video	Waktu Real	V <sub>1</sub>	V <sub>2</sub>
0,5	0,60	0,120	4,167	11,574
0,375	1,50	0,300	1,667	4,630
0,25	2,60	0,520	0,962	2,671
0,125	4,00	0,800	0,625	1,736

30/50				
H	Waktu Video	Waktu Real	V <sub>1</sub>	V <sub>2</sub>
0,5	0,60	0,120	4,167	11,574
0,375	1,50	0,300	1,667	4,630
0,25	2,40	0,480	1,042	2,894
0,125	3,70	0,740	0,676	1,877

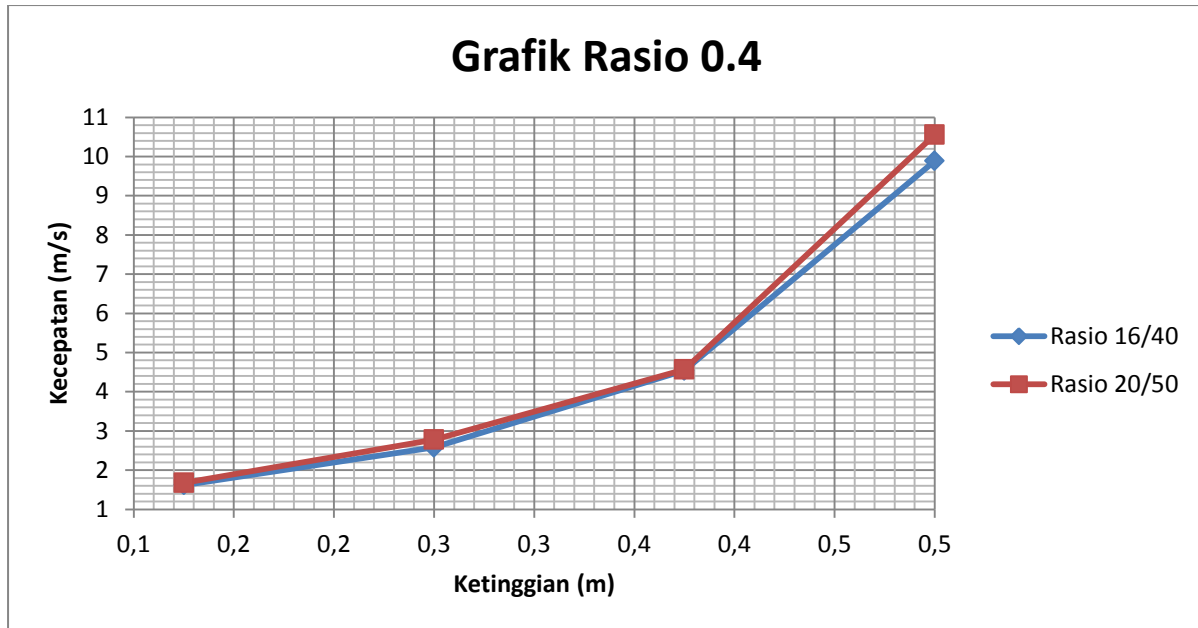
30/50				
H	Waktu Video	Waktu Real	V <sub>1</sub>	V <sub>2</sub>
0,5	0,60	0,120	4,167	11,574
0,375	1,60	0,320	1,563	4,340
0,25	2,50	0,500	1,000	2,778
0,125	4,10	0,820	0,610	1,694



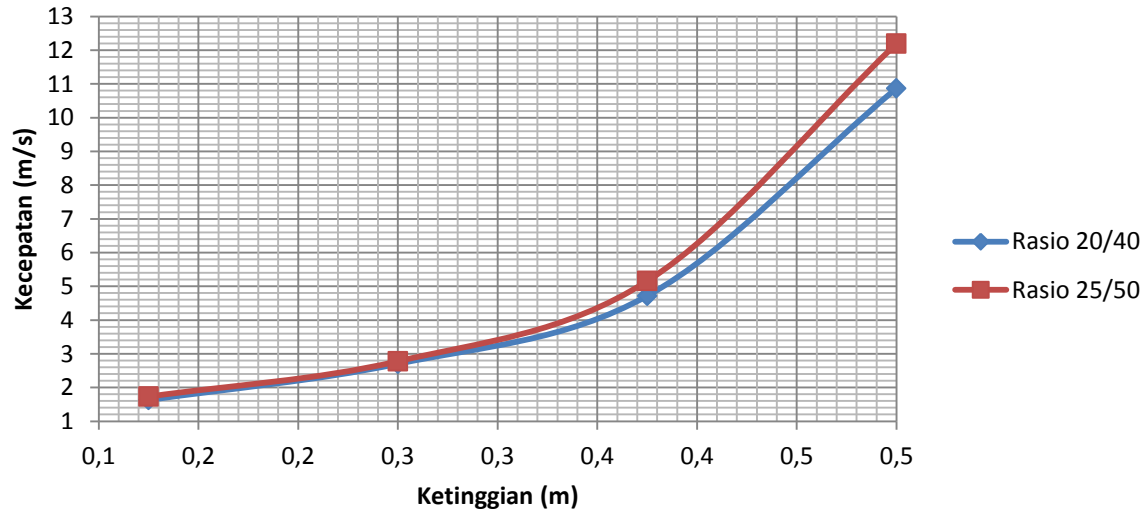
30/50				
H	Waktu Video	Waktu Real	V <sub>1</sub>	V <sub>2</sub>
0,5	0,50	0,100	5,000	13,889
0,375	1,50	0,300	1,667	4,630
0,25	2,40	0,480	1,042	2,894
0,125	4,00	0,800	0,625	1,736

30/50				
H	Waktu Video	Waktu Real	V <sub>1</sub>	V <sub>2</sub>
0,5	0,50	0,100	5,000	13,889
0,375	1,50	0,300	1,667	4,630
0,25	2,50	0,500	1,000	2,778
0,125	3,90	0,780	0,641	1,781

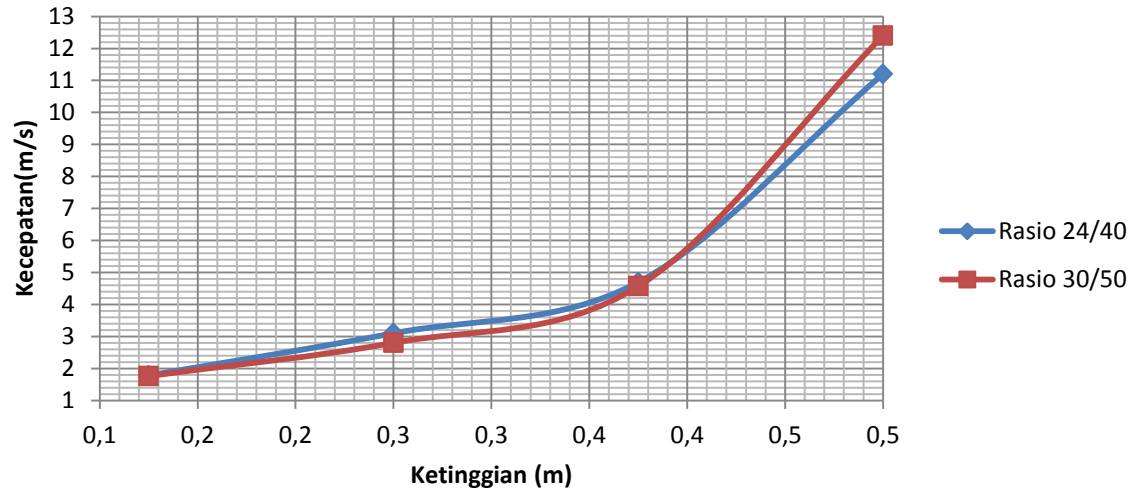
Grafik Rasio perbandingan Inlet dan Outlet 2 pipa yang berbeda



# Grafik Rasio 0.5



# Grafik Rasio 0.6



## BIODATA PENULIS



Penulis dilahirkan di Kota Lamongan, Jawa Timur pada tanggal 30 Juni 1993 merupakan anak Pertama dari tiga bersaudara Terlahir dengan Nama Mochammad Abdul Aziz dari pasangan H.M.Shochib dan Hj.Umaiyyah. Riwayat pendidikan yang di tempuh adalah TK AL-Jinan Desa Keben, MI Assyafi'iyah

Keben, MTsN model Babat, MAN Lamongan. Penulis tercatat sebagai mahasiswa Jurusan Teknik Sistem Perkapalan, Fakultas Teknologi Kelautan, Institut Teknologi Sepuluh Nopember pada Tahun 2011. Selama masa studi di ITS penulis aktif di Badan Eksekutif Mahasiswa Fakultas Teknologi Kelautan Departemen Sosial Masyarakat Staf Periode 2012-2013 dan Kepala divisi Pengabdian Masyarakat Periode 2013-2014. Menjadi member aktif di Laboratorium Desain & 3D Model Jurusan Teknik Sistem Perkapalan tahun 2014-2015. Di akhir studi, penulis mengambil Skripsi di bidang Marine Manufacturing and Design(MMD).